



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

TÍTULO:	PROGRAMACIÓN DE UNA CELDA DE FRESADO ROBOTIZADA
AUTOR:	BARREIRA BARREAL, DIEGO
TITULACIÓN:	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIRECTOR:	ANTONIO MIGUEL LÓPEZ MARTÍNEZ
FECHA DE PRESENTACIÓN:	ENERO, 2019

RESUMEN

Este trabajo consiste en la descripción de la programación y funcionamiento de un sistema de fresado tridimensional de parachoques para el sector del automóvil, compuesto por una celda robotizada controlada por un autómatas programable (PLC).

Dentro de una celda aislada acústicamente del exterior se sitúa un robot, provisto con un cabezal de dos brocas de diferentes dimensiones en sus extremos, para realizar cortes o agujeros de mayor o menor tamaño en la pieza. Delante del robot se sitúa un utillaje rotatorio de dos estaciones, en el que se colocan los parachoques a fresar. Una estación permite colocar los parachoques delanteros y otra los traseros. Un sistema de ventosas permite la fijación de los parachoques al utillaje y una serie de sensores mecánicos y ópticos aseguran su correcta colocación.

El acceso a la celda se realiza mediante una puerta enrollable en la parte frontal, a través de la cual el operario carga y descarga los parachoques del utillaje. En la parte trasera se sitúa una puerta provista con una cerradura electrónica, usada para realizar el mantenimiento del robot y de las brocas. Un sistema de aspiración permite eliminar de la celda la viruta producida durante el fresado, canalizándola hacia un punto de recogida.

La operación de la celda se realiza mediante un panel de control situado en la parte frontal, desde el que se manejan todas las partes de la instalación (robot, utillaje, puerta enrollable, etc). Este panel consiste en una pantalla táctil, una serie de botones y selectores de llave debajo de la misma y un semáforo de luces. Estos controles permiten actuar los diversos elementos de la celda de forma manual o realizar el ciclo automático de trabajo.

El ciclo automático comienza con el escaneo por parte del operario del código de barras del parachoques, tras el cual el utillaje girará a la estación correspondiente en función del parachoques a fresar. Una vez que éste se ha colocado en el utillaje, la puerta enrollable bajará y el robot comenzará el fresado. Una vez finalizado, el operario colocará una serie de piezas auxiliares en el parachoques, validándose su correcta colocación mediante sensores. Por último, el operario descarga el parachoques del utillaje, finalizando con ello el ciclo de trabajo.

Todo el control de la celda se lleva cabo mediante un PLC (Programmable Logic Controller) S7 1200 de Siemens, programado con el software TIA Portal 14, mientras que la programación del robot IRB 4600 de ABB se realiza a través de la consola del robot y mediante el programa Robot Studio.

Palabras clave:

PLC, robot, celda de fresado, control automático.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.2 MOTIVACIÓN	14
2. DETALLES DE LA MÁQUINA	15
2.1 IDENTIFICACIÓN	15
2.2 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO	15
2.3 DESCRIPCIÓN	17
2.3.1. Funcionamiento de la celda robótica	17
2.3.2. Composición de la celda.....	18
2.3.3. Elementos en el interior de la celda.....	19
2.3.4. Elementos en el utillaje	20
2.3.5. Elementos en el cabezal del robot.....	22
2.3.6. Elementos en la parte trasera de la celda	23
2.3.6.1. Armario eléctrico	24
2.3.6.2. Controlador del robot	25
2.3.6.3. Cabina neumática	25
2.3.7. Puntos de seguridad	27
2.3.7.1. Paros de emergencia.....	27
2.3.7.2. Puerta enrollable ALBANY	27
2.3.3.3. Barrera óptica	27
2.3.3.4. Puerta trasera	27
2.3.8. Acceso a la celda	27
2.3.8.1. Acceso a través de la puerta enrollable ALBANY	27
2.3.4.2. Acceso a través de la puerta trasera	28
3. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	29
3.1 INSTALACIÓN	29
3.1.1. Asegurar el envío.....	29
3.1.2. Instalación de los elementos desmantelados para el transporte	29

3.2	CONEXIONES DE SERVICIO.....	29
3.2.1.	Conexión eléctrica	29
3.2.2.	Conexión neumática	29
4.	PROCESO OPERATIVO.....	30
4.1	MODO DE OPERACIÓN	30
4.1.1.	Selección del modo de operación.....	30
4.1.2.	Modo manual	30
4.1.3.	Modo automático	30
4.2	USO DEL HMI.....	31
4.2.1.	Panel de Control	31
4.2.2.	Botones, selectores y LEDs del Panel de Control.....	32
4.2.3.	Semáforo	33
4.2.4.	Botonera de acceso a la celda	34
4.2.5.	Botonera en el interior de la celda	35
4.2.6.	Pantalla táctil.....	36
4.2.6.1.	Árbol de páginas	36
4.2.6.2.	Página principal	38
4.2.6.3.	Mesa	39
4.2.6.4.	Uillaje	40
4.2.6.5.	Puerta enrollable	41
4.2.6.6.	Puerta trasera	41
4.2.6.7.	Seguridades	42
4.2.6.8.	Robot.....	43
4.2.6.9.	Página principal de mantenimiento.....	44
4.2.6.10.	Mantenimiento del robot	45
4.2.6.11.	Salidas	46
4.2.6.12.	Entradas.....	46
4.2.6.13.	Histórico de errores	47
4.2.6.14.	Deshabilitación de entradas	48
4.2.6.15.	Ajustar tiempos	49
4.3	USO DE LA CELDA.....	50

4.3.1.	Conexión de potencia	50
4.3.2.	Arranque de la celda.....	50
4.3.3.	Modo de operación	50
4.3.4.	Arranque del ciclo	51
4.3.5.	Descripción del ciclo	51
4.3.6.	Cambio de herramienta y comprobación de herramienta rota	54
4.3.7.	Paro de emergencia.....	55
4.3.8.	Rearranque tras un paro de emergencia.....	55
5.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA INSTALACIÓN	56
5.1	CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD DURANTE EL MANTENIMIENTO.....	56
6.	PROGRAMACIÓN.....	57
6.1	PROGRAMACIÓN DEL PLC	57
6.1.1.	Descripción del PLC empleado	57
6.1.2.	Descripción del entorno de programación.....	58
6.1.3.	Configuración del hardware	59
6.1.4.	Descripción del lenguaje KOP o Ladder.....	61
6.1.5.	Estructura del programa	62
6.1.6.	Gestión de las seguridades del programa (Safety)	63
6.1.6.1.	Paros de emergencia.....	63
6.1.6.2.	Aceptación de errores.....	65
6.1.6.3.	Perímetro de la celda.....	65
6.1.6.4.	Barrera fotoeléctrica.....	67
6.1.6.5.	Giro de la mesa.....	67
6.1.7.	Bloque principal de programa (OB1)	68
6.1.8.	Maniobra general (FC1).....	69
6.1.8.1.	Selección del modo de trabajo e interrupción del ciclo	69
6.1.8.2.	Condiciones de ciclo automático	70
6.1.8.3.	Ciclo automático en marcha	70
6.1.8.4.	Autorización para fresar.....	70
6.1.8.5.	Estado de la puerta enrollable	72
6.1.8.6.	Detección de pieza colocada.....	73

6.1.8.7.	Detección de vacío OK	73
6.1.8.8.	Modo spare	74
6.1.8.9.	Bajar la puerta enrollable al rearmar el ciclo	75
6.1.8.10.	Contador de tiempo de ciclo	75
6.1.8.11.	Contador de piezas.....	76
6.1.9.	Acciones (FC2)	77
6.1.9.1.	Subir la puerta enrollable.....	77
6.1.9.2.	Bajar la puerta enrollable	77
6.1.9.3.	Subir y bajar el centrador de la mesa	79
6.1.9.4.	Abrir la válvula de mariposa	80
6.1.9.5.	Resetear y desbloquear la puerta trasera	80
6.1.9.6.	Activar el aire de la celda.....	81
6.1.9.7.	Sopladores e ionizador de las brocas.....	82
6.1.9.8.	Activar y desactivar la aspiración manual.....	83
6.1.9.9.	Encoger y agrandar el utillaje	83
6.1.9.10.	Activar y desactivar el soplado de las fotocélulas	84
6.1.9.11.	Activar y desactivar el vacío de las ventosas	85
6.1.10.	Robot (FC3)	87
6.1.10.1.	Marcha del robot	87
6.1.10.2.	Paro del robot	88
6.1.10.3.	Robot parado	88
6.1.10.4.	Comprobar herramienta.....	89
6.1.10.5.	Ir a la posición de mantenimiento	90
6.1.10.6.	Broca rota	90
6.1.10.7.	Activar las brocas.....	90
6.1.11.	Ciclo automático (FC4)	91
6.1.11.1.	Escanear el parachoques y bajar la puerta enrollable	91
6.1.11.2.	Abrir el utillaje	93
6.1.11.3.	Girar la mesa	93
6.1.11.4.	Subir la puerta enrollable	97
6.1.11.5.	Colocar la pieza en el utillaje	97

6.1.11.6.	Bajar la puerta enrollable	98
6.1.11.7.	Fresado del parachoques	99
6.1.11.8.	Subir la puerta enrollable	101
6.1.11.9.	Escanear el spoiler	103
6.1.11.10.	Colocar el spoiler	104
6.1.11.11.	Colocar las piezas adicionales	105
6.1.11.12.	Bajar la puerta enrollable	106
6.1.11.13.	Encojer el utillaje	106
6.1.11.14.	Subir la puerta enrollable	107
6.1.11.15.	Fin del ciclo automático	108
6.1.11.16.	Reset del ciclo	109
6.1.12.	Puerta trasera (FC5)	110
6.1.13.	Código de barras (FC6)	110
6.1.14.	Avisos HMI (FC7)	111
6.1.15.	Multiplicar delays de s a ms (FC8)	112
6.1.16.	Señalización (FC9)	112
6.1.16.1.	Iluminación de la celda	112
6.1.16.2.	Luces y zumbador del semáforo	113
6.1.16.3.	Pilotos de los botones	114
6.1.17.	Mesa (FC10)	116
6.1.17.1.	Condiciones de giro de la mesa	116
6.1.17.2.	Giro de la mesa	116
6.1.17.3.	Reset del variador	117
6.1.17.4.	Marcha del variador	118
6.1.17.5.	Orden de movimiento del variador	118
6.1.17.6.	Consigna de velocidad del variador	119
6.1.17.7.	Detener variador	119
6.1.18.	Normalizar Frecuencias (FC100)	120
6.1.19.	Scripts de Visual Basic	121
6.1.20.	Conexión remota al PLC	122
6.2	PROGRAMACIÓN DEL ROBOT	123

6.2.1.	Descripción del robot empleado	123
6.2.2.	Descripción del entorno de programación	123
6.2.3.	Descripción del lenguaje RAPID	124
6.2.4.	Estructura del programa	125
6.2.5.	Módulo principal.....	126
6.2.6.	Herramientas de fresado	133
6.2.7.	Programas de fresado	134
6.2.8.	Señales de entrada y salida del robot	136
7.	CONCLUSIONES.....	137
7.1	LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO	138
8.	REFERENCIAS.....	139

Anexo 1 Datasheet del PLC S7 1200 – CPU 1214FC (Siemens)

Anexo 2 Catálogo del Robot IRB 4600 (ABB)

Anexo 3 Señales de la comunicación Profinet PLC - Robot

Anexo 4 Esquemas eléctricos de la máquina

Anexo 5 Esquemas neumáticos de la máquina

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Identificación de la máquina	15
Fig. 2	Diagrama esquemático	16
Fig. 3	Celda de fresado robotizada	17
Fig. 4	Composición de la celda	18
Fig. 5	Vista del interior de la celda.....	19
Fig. 6	Grupo de ventosas en el utillaje	20
Fig. 7	Sensor óptico en el utillaje	21
Fig. 8	Detector de roldana en el utillaje.....	21
Fig. 9	Elementos en el cabezal del robot	22
Fig. 10	Armario eléctrico y controlador robótico	23
Fig. 11	Elementos en el armario eléctrico	24
Fig. 12	Elementos en la cabina neumática	26
Fig. 13	Cerradura electrónica y control de acceso de la puerta trasera.....	28
Fig. 14	Panel de Control.....	31
Fig. 15	Botones, selectores y LEDs del Panel de control	32
Fig. 16	Semáforo	33
Fig. 17	Botonera de acceso a la celda.....	34
Fig. 18	Botonera interior de la celda	35
Fig. 19	Árbol de páginas del HMI.....	37
Fig. 20	Página principal.....	38
Fig. 21	Página mesa	39
Fig. 22	Página utillaje.....	40
Fig. 23	Página puerta enrollable	41
Fig. 24	Página puerta trasera	41
Fig. 25	Página seguridades	42
Fig. 26	Página robot	43
Fig. 27	Página principal de mantenimiento	44
Fig. 28	Página mantenimiento del robot.....	45
Fig. 29	Página salidas.....	46
Fig. 30	Página entradas	46
Fig. 31	Página histórico de errores.....	47
Fig. 32	Página deshabilitación de entradas.....	48
Fig. 33	Página ajuste de tiempos	49
Fig. 34	Interruptor principal	50
Fig. 35	Botón de rearme emergencias	50
Fig. 36	Flujograma del ciclo automático	53
Fig. 37	Detector de presencia de broca	54
Fig. 38	Pulsador de paro de emergencia.....	55
Fig. 39	Indicadores de riesgo y de uso obligatorio de EPIs.....	56
Fig. 40	CPU del PLC Simatic S7-1200 con funcionalidad Safety	57
Fig. 41	PLC y módulos de entradas y salidas	58
Fig. 42	Vista general del proyecto.....	59
Fig. 43	Configuración del PLC	60
Fig. 44	Configuración de la red de comunicación	60
Fig. 45	Condiciones de selección del modo de trabajo de la celda	61
Fig. 46	Bloques del programa	62
Fig. 47	Gestión de un paro de emergencia	63
Fig. 48	Supervisión de emergencias	64
Fig. 49	Salida de emergencias OK	64
Fig. 50	Aceptación de errores.....	65
Fig. 51	Gestión puerta trasera.....	65
Fig. 52	Supervisión recinto	66
Fig. 53	Salida de recinto OK.....	66
Fig. 54	Salida barrera OK.....	67
Fig. 55	Supervisión del giro de la mesa.....	67
Fig. 56	Salida mesa giro OK	68
Fig. 57	Bloque principal OB1	68
Fig. 58	Selección del modo de trabajo e interrupción del ciclo.....	69

Fig. 59	Condiciones de ciclo automático.....	70
Fig. 60	Ciclo automático en marcha.....	70
Fig. 61	Condiciones de fresado	71
Fig. 62	Estado de la puerta enrollable	72
Fig. 63	Detección de pieza colocada	73
Fig. 64	Detección de vacío OK	74
Fig. 65	Selección del modo spare.....	74
Fig. 66	Bajar puerta enrollable en automático.....	75
Fig. 67	Contador de tiempo de ciclo	76
Fig. 68	Contador de piezas	76
Fig. 69	Subir puerta enrollable	77
Fig. 70	Bajar puerta enrollable	78
Fig. 71	Pulso bajar puerta en automatico	78
Fig. 72	Reset pulso bajar puerta en automático.....	79
Fig. 73	Subir centrador	79
Fig. 74	Bajar centrador	80
Fig. 75	Apertura de la válvula de mariposa.....	80
Fig. 76	Reseteo y desbloqueo de la puerta trasera.....	81
Fig. 77	Activación del aire de la celda	81
Fig. 78	Sopladores e ionizador de las brocas.....	82
Fig. 79	Aspiración manual de la celda	83
Fig. 80	Encoger y agrandar el utillaje	84
Fig. 81	Activar el soplado de las fotocélulas	84
Fig. 82	Desactivar el soplado de las fotocélulas.....	85
Fig. 83	Filtro para desactivar las ventosas con el pedal	85
Fig. 84	Activar las ventosas del utillaje.....	86
Fig. 85	Desactivar las ventosas del utillaje.....	86
Fig. 86	Marcha del robot	88
Fig. 87	Paro del robot.....	88
Fig. 88	Robot parado.....	89
Fig. 89	Comprobar herramienta	89
Fig. 90	Ir a la posición de mantenimiento	90
Fig. 91	Broca rota.....	90
Fig. 92	Activar las brocas.....	91
Fig. 93	Paso 0 Escanear producción.....	91
Fig. 94	Paso 1 Bajar puerta enrollable.....	92
Fig. 95	Paso 2 Abrir utillaje	93
Fig. 96	Paso 3 Decidir si gira la mesa	94
Fig. 97	Paso 4 Bajar centrador	95
Fig. 98	Paso 5 Giro de la mesa	95
Fig. 99	Paso 6 Fin del giro de la mesa.....	96
Fig. 100	Paso 7 Subir centrador de la mesa.....	96
Fig. 101	Paso 8 Subir puerta enrollable.....	97
Fig. 102	Paso 9 Colocar la pieza en el utillaje.....	98
Fig. 103	Paso 10 Bajar la puerta enrollable.....	99
Fig. 104	Paso 11 Inicio del fresado	100
Fig. 105	Paso 12 Fin del fresado	101
Fig. 106	Paso 13 Subir puerta enrollable.....	102
Fig. 107	Paso 14 Escanear el código del spoiler	103
Fig. 108	Paso 15 Comprobar si el código del spoiler es el correcto	104
Fig. 109	Paso 16 Colocar el spoiler.....	105
Fig. 110	Paso 25 Bajar la puerta enrollable.....	106
Fig. 111	Paso 26 Encojer el utillaje.....	107
Fig. 112	Paso 27 Subir la puerta enrollable.....	107
Fig. 113	Paso 28 Fin del ciclo automático	108
Fig. 114	Reset del ciclo	109
Fig. 115	FC5 Puerta trasera.....	110
Fig. 116	FC6 Código de barras	111
Fig. 117	FC7 Avisos HMI.....	111
Fig. 118	FC8 Multiplicar delays de ms a s	112
Fig. 119	Iluminación de la celda	112
Fig. 120	Zumbador del semáforo	113

Fig. 121	Luz verde del semáforo	113
Fig. 122	Luz ámbar del semáforo	113
Fig. 123	Luz roja del semáforo	114
Fig. 124	Piloto permiso de entrada a la celda	114
Fig. 125	Piloto puerta trasera OK	115
Fig. 126	Piloto selector de petición de acceso	115
Fig. 127	Piloto recinto OK	115
Fig. 128	Condiciones de giro de la mesa	116
Fig. 129	Giro de la mesa	117
Fig. 130	Orden de reset del variador	117
Fig. 131	Orden de marcha del variador	118
Fig. 132	Orden de movimiento del variador	118
Fig. 133	Consigna de velocidad del variador	119
Fig. 134	Detener el variador	120
Fig. 135	FC100 Normalizar frecuencias	120
Fig. 136	Script seleccionar campos de texto	121
Fig. 137	Script conmutar idioma	121
Fig. 138	Conexión remota al PLC a través de una VPN	122
Fig. 139	Robot IRB 4600 (ABB)	123
Fig. 140	Programa RobotStudio	124
Fig. 141	Estructura del programa del robot	125
Fig. 142	Declaración de variables del módulo principal	126
Fig. 143	Inicialización de la rutina principal	127
Fig. 144	Bucle de la rutina principal	128
Fig. 145	Rutinas de activación de elementos del módulo principal	129
Fig. 146	Rutina para ir a la posición de mantenimiento	129
Fig. 147	Rutina de inicialización	130
Fig. 148	Rutina de comprobación del estado de la herramienta	131
Fig. 149	Rutinas para ir y salir de la posición de home	132
Fig. 150	Rutina Cir2Cir	133
Fig. 151	Rutina Rectangulo_RelTool	133
Fig. 152	Inicialización de la rutina de fresado	134
Fig. 153	Instrucciones de una rutina de fresado	135
Fig. 154	Final de una rutina de fresado	135
Fig. 155	Señales de entrada al robot desde el PLC	136

GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

PLC: Programmable Logic Controller. Autómata o controlador lógico programable que realiza el control del funcionamiento de una máquina o proceso en un entorno industrial.

HMI: Human Machine Interface. En una máquina o sistema controlado desde un autómata u otro dispositivo informático, es el conjunto de elementos que sirven como interfaz de comunicación entre el operario y la máquina o el sistema controlado. Suele estar formado por un panel de control con una serie de botones o selectores y luces que informan del estado de la máquina, así como por una pantalla táctil.

KOP: KontaktPlan. Lenguaje de programación por esquema de contactos o Ladder desarrollado para la programación de los autómatas de la marca Siemens.

TCP: Tool Center Point. En la programación de robots, punto central de la herramienta situada en el extremo del mismo, relativo al cual se mueve el robot.

Bit: Binary digit. Unidad mínima de información en informática, cuyo valor puede ser 1 o 0 (verdadero o falso).

Byte: Conjunto de 8 bits.

Bool: Boolean. En programación, tipo de dato binario, cuyo valor puede ser verdadero o falso.

Int: Integer. En programación, tipo de dato numérico, cuyo valor puede oscilar entre -32768 y 32767, para una variable de 16 bits.

VPN: Virtual Private Network. En tecnologías de comunicación, red de ordenadores o máquinas conectadas en una red privada a través de una red pública como internet, usando un servicio que hace de host en línea.

1. INTRODUCCIÓN

Con objeto de utilizar diferentes versiones de una misma pieza, en este caso de un parachoques, puede resultar más conveniente para un fabricante adaptar una pieza ya existente a un nuevo componente o producto, en vez de fabricar de cero otra nueva. En el caso concerniente a este trabajo, los parachoques del modelo Seat Ateca son adaptados para ser utilizados en una versión deportiva de este mismo coche (Cupra). Para ello, se recortan distintas áreas del parachoques y se realizan una serie de agujeros, que permiten “clipar” (colocar mediante clips) una serie de piezas auxiliares en el mismo.

La adaptación mediante fresado de un parachoques para servir en otro modelo se justifica por el enorme coste que supone diseñar y fabricar un molde de inyección de plástico, como los usados para el conformado de parachoques y otras piezas. Es más económico, por lo tanto, utilizar una celda de fresado que permita remodelar las áreas requeridas de otro parachoques que crear un molde específico para el nuevo modelo. La cantidad de piezas a producir también es un factor importante a la hora de decidir los métodos de fabricación empleados.

La celda de fresado utilizada con este propósito consiste en una cabina aislada acústicamente y completamente cerrada. Una puerta enrollable en la parte frontal permite el acceso del operario al utillaje sobre el que se coloca la pieza a fresar. El acceso al interior de la misma para realizar labores de mantenimiento se lleva a cabo a través de una puerta trasera, que incorpora un mecanismo de seguridad, consistente en una cerradura electrónica. La máquina opera completamente por medio de elementos eléctricos y neumáticos simultáneamente.

La programación del fresado se realiza en tres dimensiones y a diferentes velocidades, en función del material y de la trayectoria del fresado. El PLC controla todos los elementos y partes móviles de la celda, así como las seguridades de los mismos. En caso de romperse el perímetro de seguridad de la celda, robot, brocas y otras partes móviles se detendrán al instante, garantizando la seguridad del operario y de la máquina.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo principal es realizar la programación del robot y PLC con los que opera la máquina, creando un proceso automático de fresado, capaz de alcanzar uniformidad y repetibilidad en el fresado de parachoques, con todas las medidas de seguridad, que permitan el clipado (la colocación mediante clips) del spoiler (pieza aerodinámica situada debajo del parachoques) y otras piezas al mismo. La tolerancia a alcanzar en el corte de los agujeros más pequeños es de 1 mm. La importancia de la precisión de estos cortes radica en que una desviación de solo unos milímetros hará que las piezas auxiliares no se puedan clipar al parachoques, o se clipen incorrectamente.

El robot ABB empleado garantizará la repetibilidad y precisión del fresado. La firmeza de la colocación de la pieza en el utillaje es importante para garantizar que los cortes se realicen correctamente. Para ello, diversos detectores mecánicos y ópticos informarán de su correcta colocación antes de iniciar el fresado.

1.2 MOTIVACIÓN

La instalación de esta celda de fresado se llevó a cabo en la fábrica de grupo PlasticOmnium, proveedor de Seat, localizada en Lipovka, República Checa, en la cual participé como programador del robot y PLC. A mayores, eléctricos y mecánicos realizaron el montaje de la celda y del robot y su conexionado eléctrico y neumático.

Se trata de la primera máquina en cuya programación y puesta en marcha formé parte, con lo que se trató de un reto para mí. Diversos problemas hubieron de superarse, en especial relativos a la correcta colocación y detección del parachoques sobre el utillaje. Los programas de fresado del robot hubieron de modificarse múltiples veces a petición del cliente, pero es una satisfacción para mí saber que la máquina continúa funcionando correctamente desde el momento de su instalación.

2. DETALLES DE LA MÁQUINA

2.1 IDENTIFICACIÓN

A continuación se describen las características de la celda de fresado. Se trata de una máquina con una potencia total de 17 kW y un peso de 7000 Kg. El conexionado que requiere es una toma de corriente trifásica de 380 V, dos tomas neumáticas de 6 bares de presión y una canalización en la parte superior de la celda para la evacuación de la viruta producida durante el fresado.

CELDA DE FRESADO ROBOTIZADA			
LUGAR DE INSTALACIÓN	LIPOVKA, REP. CHECA	FECHA	18-04-2018
VOLTAJE	380-III-N-T [V]	FRECUENCIA	50 [Hz]
POTENCIA INSTALADA	17 KW	PLC EMPLEADO	SIEMENS S7 1200
CONEXIÓN PNEUMÁTICA	6 Bar	PESO	7000 [Kg]

Fig. 1 Identificación de la máquina

2.2 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

El esquema de abajo muestra un diagrama de bloques de la máquina, ilustrando la relación entre los distintos aspectos funcionales de la misma. El operario interactúa con el PLC que controla la instalación principalmente a través del panel de control situado en la parte frontal de la máquina. Éste cuenta con una pantalla táctil, una serie de botones y otros elementos. Éstos conforman el HMI (Human Machine Interface) de la instalación.

El PLC realizará las operaciones seleccionadas por el operario, teniendo siempre en cuenta la información proporcionada por los diversos elementos de detección y seguridad de la máquina. El PLC controla el funcionamiento de todos los elementos neumáticos y eléctricos de la instalación, incluido el robot, que a su vez cuenta su propio programa para el control y ejecución de las diversas tareas que realiza, como programas de fresado o rutinas de movimiento a diversas posiciones, como a una posición de “home” (posición de reposo del robot) o a una posición de mantenimiento.

La zona de trabajo del robot se mantendrá cerrada durante la operación del mismo, así como durante el giro del utillaje en el cambio de estación. Diversos elementos garantizarán el perímetro de seguridad de la operación, como una barrera óptica en la parte frontal o un cerrojo electrónico en la puerta trasera.

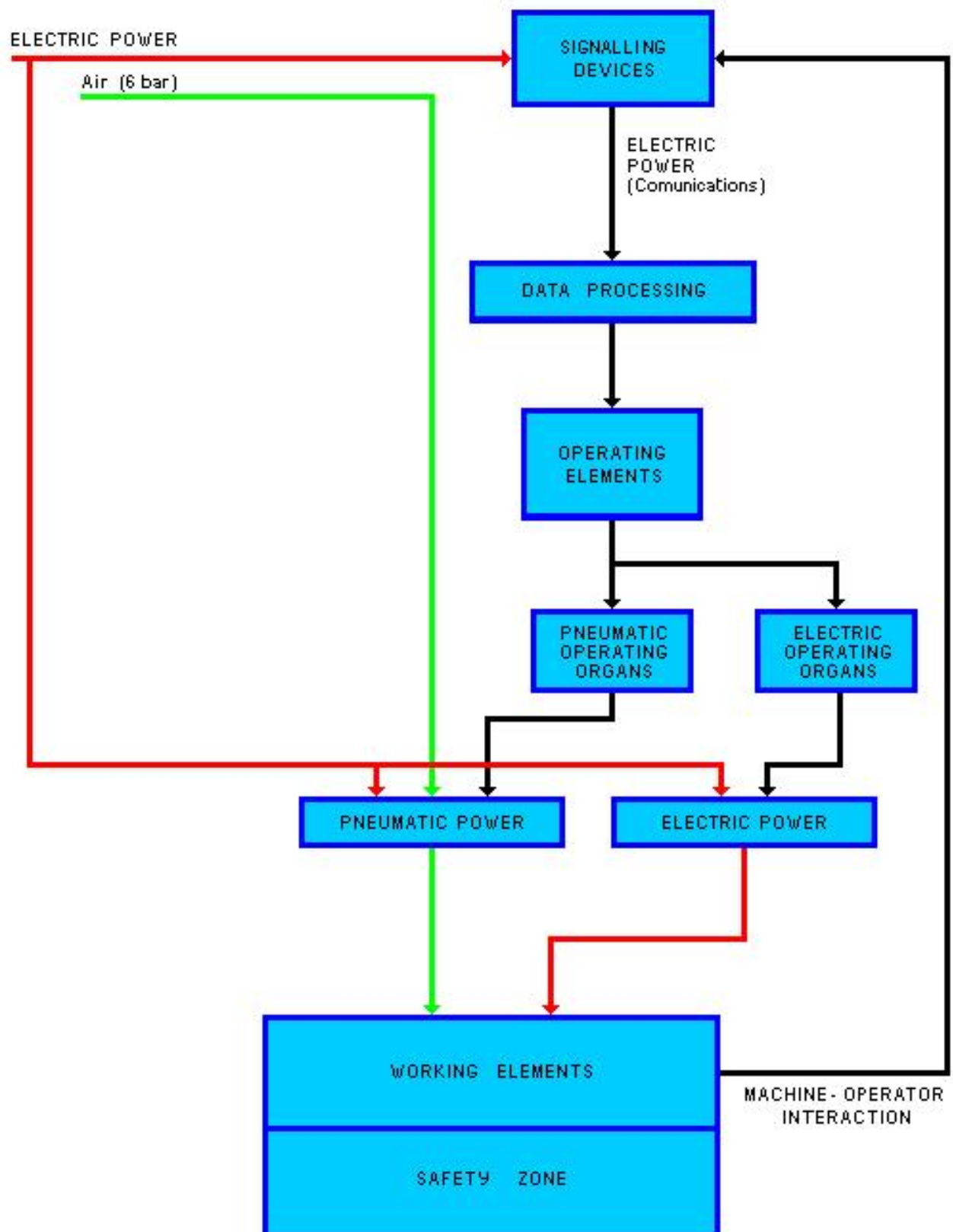


Fig. 2 Diagrama esquemático

2.3 DESCRIPCIÓN

2.3.1. *Funcionamiento de la celda robótica*

La celda robótica tiene como objetivo el fresado de parachoques de plástico de un grosor de entre 1 mm y 2 cm. La carga y descarga de las piezas se realiza de forma manual. La celda está cerrada, aislada acústicamente y preparada para una ligera depresión, con el objetivo de limitar el ruido para los operarios.

El acceso al interior de la celda para la carga y descarga de piezas se realiza a través de una puerta enrollable ALBANY, cuyo movimiento es controlado desde el PLC que gobierna toda la instalación. El acceso para la realización del mantenimiento de la celda se realiza por una puerta trasera dotada con una cerradura electrónica.

El control de la máquina en modo automático se realiza desde el panel de control, localizado en la parte frontal derecha de la máquina. El control de la máquina en modo manual se realiza desde el panel de control, mientras que el control manual del robot se realiza desde la consola del mismo.



Fig. 3 Celda de fresado robotizada

2.3.2. Composición de la celda

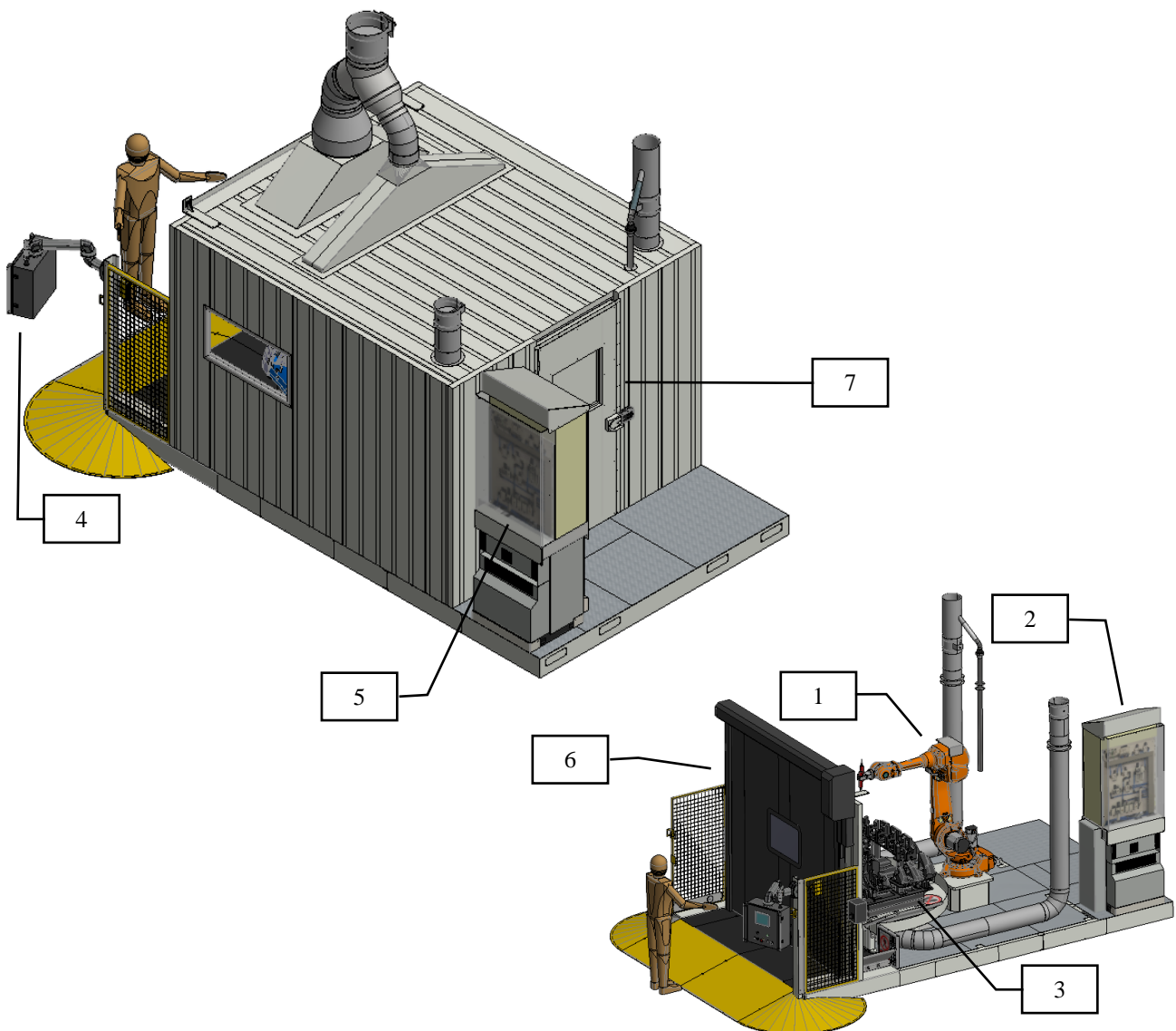


Fig. 4 Composición de la celda

La celda se compone de los siguientes elementos:

1. Robot ABB y elementos de control asociados
2. Armario eléctrico que contiene el PLC que gobierna toda la máquina
3. Utillaje de colocación de los parachoques
4. Consola principal con la pantalla táctil que permite el control de la máquina
5. Panel neumático que contiene la mayoría de electroválvulas y reguladores necesarios para la operación de la máquina
6. Puerta enrollable ALBANY para la carga y descarga de piezas
7. Puerta trasera para el cambio de las brocas del robot y la realización del mantenimiento de la máquina

2.3.3. Elementos en el interior de la celda

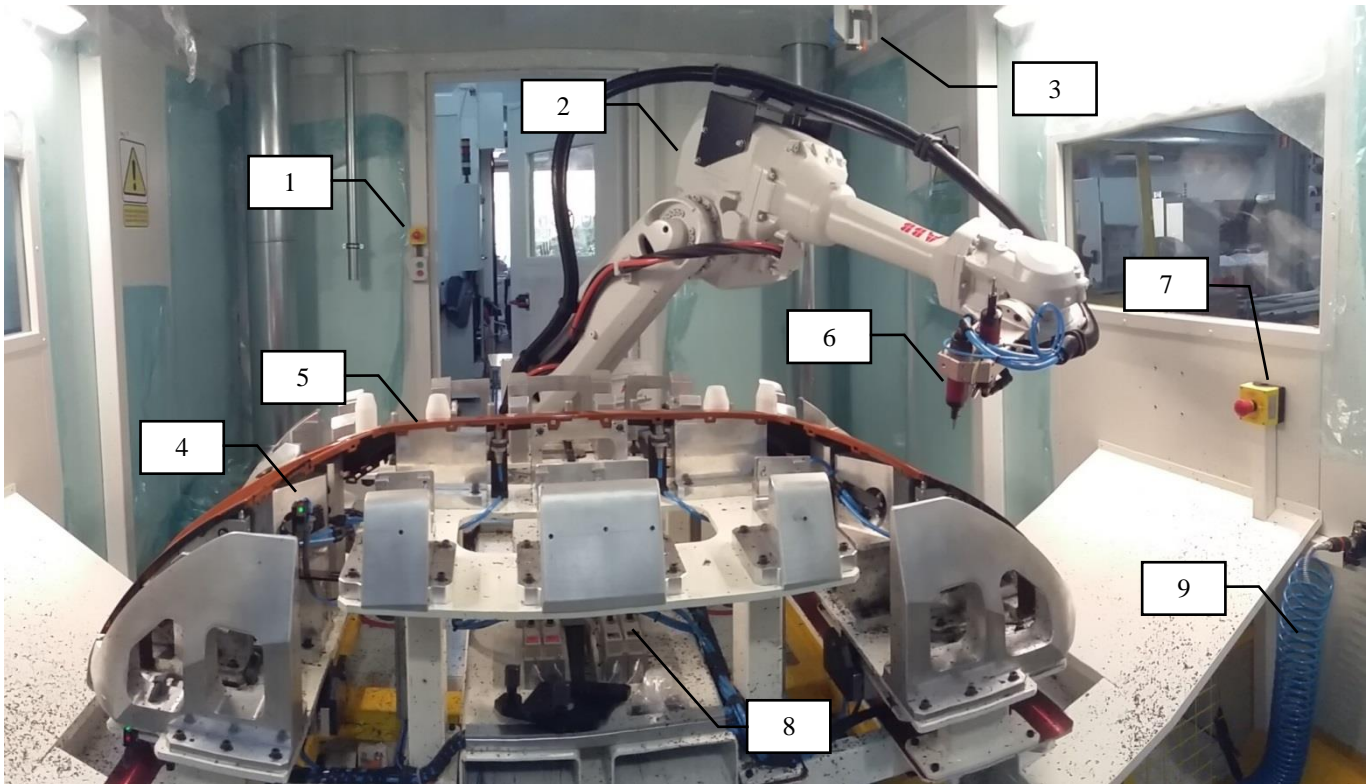


Fig. 5 Vista del interior de la celda

Se distinguen los siguientes elementos en el interior de la celda:

1. Botonera con la marcha y paro de la aspiración manual y paro de emergencia
2. Robot IRB 4600 (ABB)
3. Detectores de longitud de broca y de posición de reposo del robot
4. Utillaje de colocación de los parachoques
5. Parachoques a fresar
6. Cabezal del robot con dos brocas
7. Paro de emergencia
8. Grupo de electroválvulas SMC para los elementos neumáticos del utillaje
9. Pistola de aire para el soplado de la viruta

2.3.4. Elementos en el utillaje

El utillaje sobre el que se colocan los parachoques consta de dos estaciones, una para los parachoques delanteros y otra para los traseros. Una mesa giratoria debajo del mismo permite intercambiar la estación de trabajo actual. EL utillaje cuenta con una serie ventosas, detectores ópticos y de roldana que permiten fijar el parachoques y verificar su correcta colocación sobre el utillaje. La firmeza y exactitud en la colocación del parachoques es indispensable para asegurar que el fresado se realice correctamente.

El grupo de electroválvulas SMC que controla las ventosas, situado en medio del utillaje, permite medir la presión de vacío en los circuitos neumáticos de las ventosas. Hay cuatro circuitos o grupos de ventosas, dos en cada estación, que se dividen en parte izquierda y derecha del utillaje. Los indicadores de vacío del grupo SMC indican el nivel de vacío actual en cada circuito. Este valor estará en rojo si no se ha alcanzado la presión de vacío requerida para asegurar la correcta sujeción del parachoques, y en verde cuando se haya alcanzado. Para que la colocación del parachoques se considere correcta, los dos circuitos de la estación actual deben tener sus indicadores de vacío en verde, a mayores de detectar correctamente el parachoques los demás sensores.



Fig. 6 Grupo de ventosas en el utillaje

A mayores de la detección del nivel de vacío en las ventosas, unos sensores de presencia, ópticos y de roldana, verifican la correcta colocación del parachoques. Los sensores ópticos cuentan con un haz láser que mide la distancia libre entre el sensor y el objeto que interfiere el haz. Si detectan un objeto a una distancia menor a la programada, encenderán un led y activarán su señal de salida al autómata. Cada sensor óptico cuenta con un soplador, que mantiene el lector libre de la viruta desprendida durante el fresado.



Fig. 7 Sensor óptico en el utillaje

Los detectores de roldana son finales de carrera, o detectores mecánicos, que detectan la presencia de una pieza cuando ésta pulsa su brazo móvil.



Fig. 8 Detector de roldana en el utillaje

2.3.5. Elementos en el cabezal del robot

En el cabezal del robot se sitúan las dos brocas de diferente diámetro usadas para el fresado. Estas brocas funcionan mediante una toma neumática de 6 bares. Una electroválvula para cada broca controla la activación las mismas.

A mayores, la broca grande cuenta con un soplador e ionizador, usado para soplar la viruta desprendida durante el fresado de la zona del corte. Este aire es ionizado (cargado eléctricamente) para evitar que la viruta se quede adherida al parachoques o al utillaje debido a la electricidad estática, haciendo que caiga hacia la parte de abajo del utillaje, donde se sitúan dos tomas de evacuación, que eliminan por aspiración la viruta y las pequeñas partes cortadas de la celda.

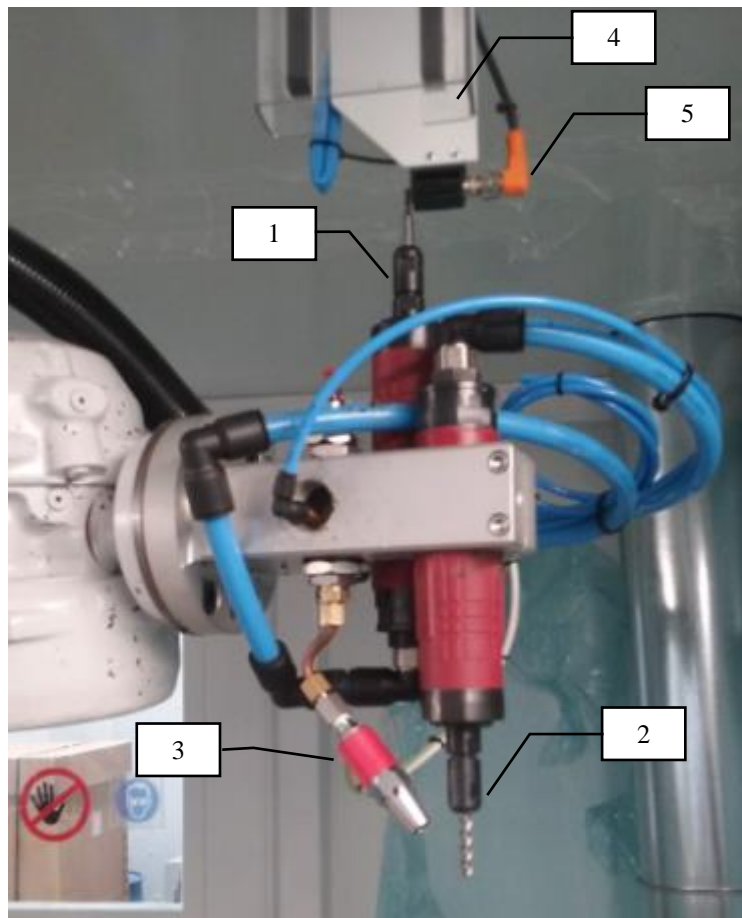


Fig. 9 Elementos en el cabezal del robot

Se distinguen los siguientes elementos en el cabezal del robot:

1. Broca pequeña
2. Broca grande
3. Soplador/ionizador

Los detectores presentes en la imagen son:

4. Detector de longitud de broca
5. Detector de posición de “home” o reposo del robot

2.3.6. Elementos en la parte trasera de la celda

En la parte trasera de la celda se sitúan el controlador del robot y el armario eléctrico de la instalación. Por detrás de éste se sitúa la cabina con los elementos neumáticos.



Fig. 10 Armario eléctrico y controlador robótico

Elementos en parte trasera de la celda:

1. Armario eléctrico.
2. Controlador robótico.
3. Consola de programación del robot.

2.3.6.1. Armario eléctrico

En el armario eléctrico se localizan los elementos que componen la instalación eléctrica de la máquina. En él se sitúan la toma de potencia y el interruptor general de la instalación, el PLC que gobierna toda la celda o el variador de frecuencia que controla el motor que realiza el giro de la mesa. Cuenta también con diversos relés y contactores que permiten la activación de los diversos elementos de la máquina, si está activa la cadena de seguridades. Un switch de puertos de red permite el conexionado al PLC desde un portátil, o conectar un equipo de conexión remota, de forma que no sea necesario conectarse físicamente al PLC para para realizar cambios en su programa.

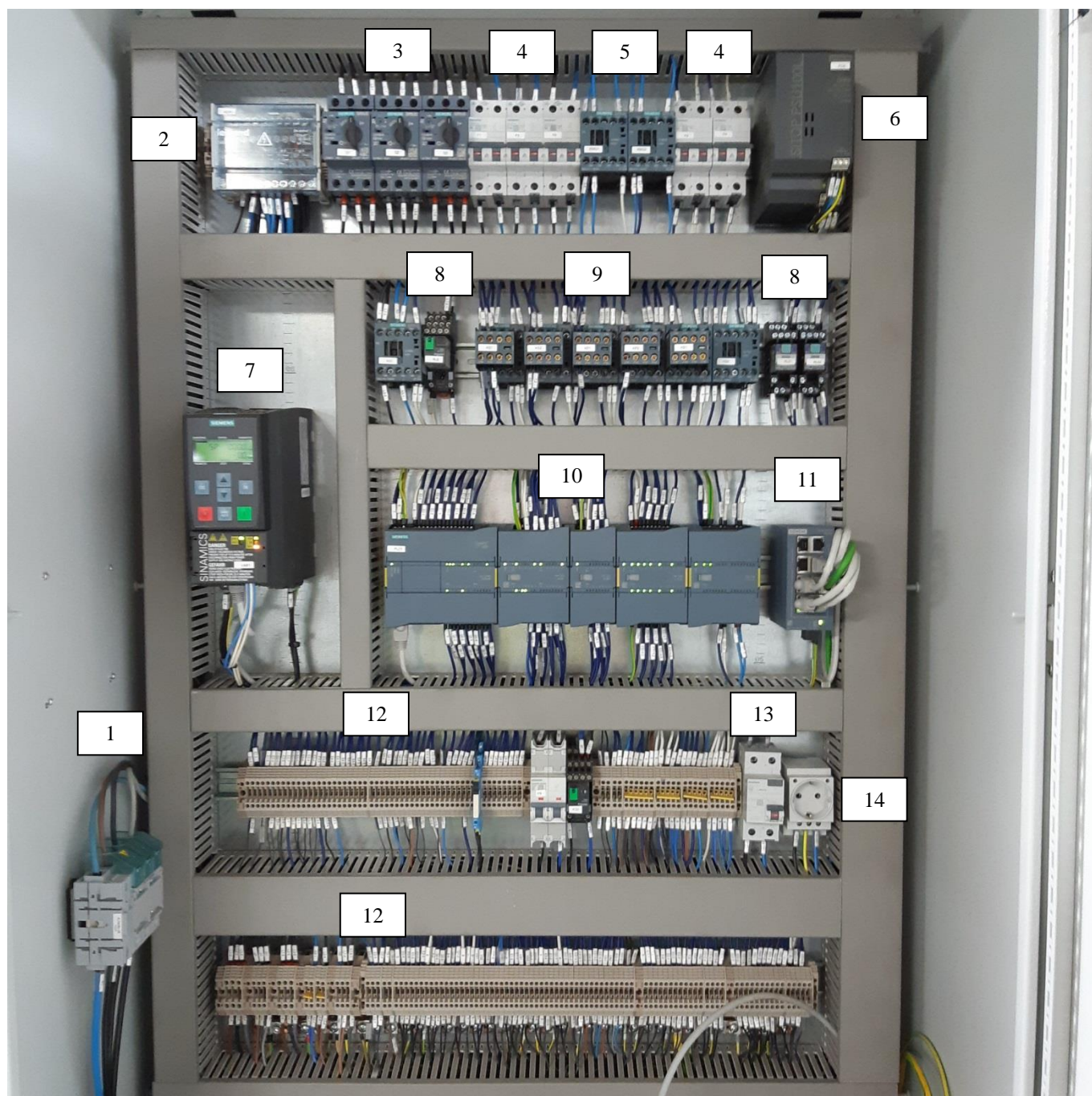


Fig. 11 Elementos en el armario eléctrico

Se distinguen los siguientes elementos en el armario eléctrico:

1. Toma e interruptor general de la instalación
2. Distribuidor
3. Disyuntores de potencia
4. Interruptores magnetotérmicos
5. Contactores de seguridad
6. Fuente de alimentación de 24 V
7. Variador de frecuencia
8. Relés
9. Contactores (con contactos auxiliares)
10. PLC y módulos de entradas y salidas
11. Switch de puertos de red
12. Borneros de señales
13. Interruptor diferencial de la toma de servicio
14. Toma de servicio

2.3.6.2. Controlador del robot

El controlador del robot lleva a cabo la ejecución y control de todos los movimientos del robot, así como la activación de los elementos de su cabezal. El controlador se comunica con el PLC, situado en el armario eléctrico, por medio de un cable de red y un protocolo de comunicación Profinet, mediante el que PLC y controlador robótico intercambian señales. Las seguridades de la instalación son controladas por el PLC, de forma que si éstas no se cumplen, el PLC no permite la activación de las brocas del robot.

2.3.6.3. Cabina neumática

En la parte trasera del armario eléctrico se sitúa la cabina con los elementos neumáticos. En ella se sitúan las dos tomas neumáticas de la instalación, una para la activación de las brocas y otra para el resto de la instalación, así como diversas electroválvulas que permiten la activación de los elementos neumáticos de la máquina. Cada toma de aire cuenta con una unidad de mantenimiento (Festo), con regulador de presión, presostato, filtro de humedad, estrangulador de caudal o llave de paso manual. Si la presión de aire entrante es inferior a 6 bares, las brocas no podrán cortar debidamente, con riesgo de que la broca se quede trabada en el parachoques. Para evitarlo, el presostato emite una señal al PLC si la presión no es la debida, deteniéndose inmediatamente broca y robot. La humedad del aire filtrada en las unidades de mantenimiento se almacena en depósitos de agua. Un aceite ligero almacenado en un depósito se inyecta en el circuito neumático que activa las brocas, para mejorar la lubricación de las mismas y prolongar su vida útil.

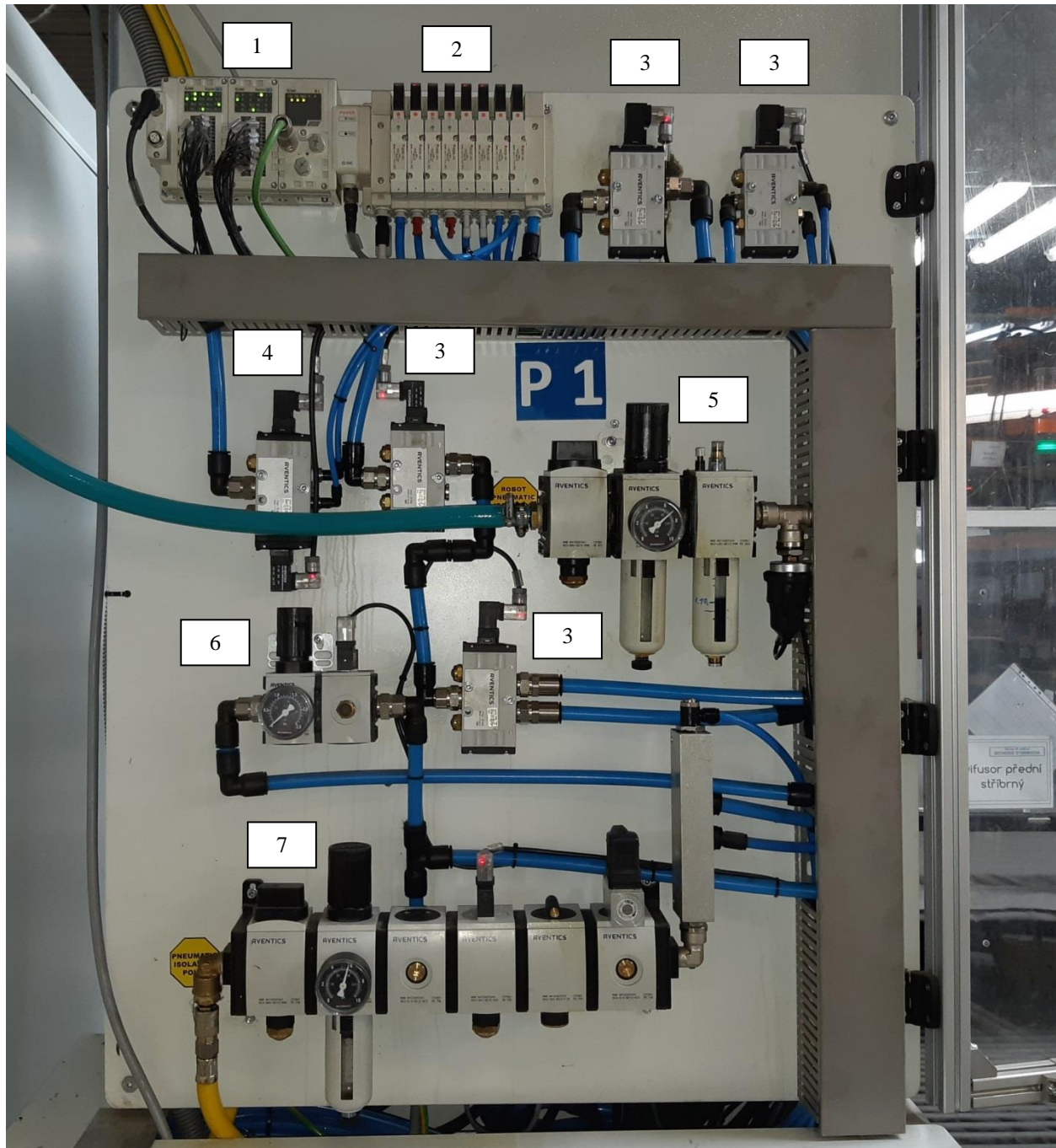


Fig. 12 Elementos en la cabina neumática

Se distinguen los siguientes elementos en la cabina neumática:

1. Módulo de entradas y salidas del grupo SMC
2. Electroválvulas del grupo SMC (sopladores y ventosas del utillaje)
3. Electroválvulas monoestables (paso general de aire, sopladores de las brocas, aspiración manual)
4. Electroválvula biestable (activación de las brocas, sólo una simultáneamente)
5. Unidad de mantenimiento de la toma de aire de las brocas
6. Regulador de caudal
7. Unidad de mantenimiento de la toma de aire del resto de la instalación

2.3.7. Puntos de seguridad

2.3.7.1. Paros de emergencia

Pulsar un paro de emergencia permite la detención inmediata de la máquina. Hay 9 pulsadores de paro de emergencia en las siguientes localizaciones:

- En la consola principal
- A izquierda y derecha de la puerta enrollable ALBANY
- A izquierda y derecha en la parte frontal dentro de la celda
- En la puerta trasera, dentro de la celda
- En la puerta trasera, fuera de la celda
- En la consola del robot
- En la cabina de control del robot

2.3.7.2. Puerta enrollable ALBANY

En la parte frontal de la celda se encuentra una puerta enrollable ALBANY, que cuentan detectores de posición que garantizan el cierre del perímetro de trabajo de la máquina. Cuenta con su propio sistema de seguridad, que controla el movimiento de la persiana enrollable de la puerta. Éste se detiene si detecta una colisión durante su movimiento de bajada, volviendo a subir la puerta y evitando un riesgo de atrapamiento.

2.3.3.3. Barrera óptica

Delante de la puerta enrollable se sitúa una barrera óptica, formada por dos detectores que controlan el acceso a la parte frontal de la celda, garantizando la seguridad del perímetro a través de este acceso.

2.3.3.4. Puerta trasera

La puerta trasera de la celda cuenta con una cerradura electrónica con control de cierre, necesario para garantizar la seguridad de la operación a través del control y bloqueo del acceso al interior de la celda a través de la misma.

2.3.8. Acceso a la celda

2.3.8.1. Acceso a través de la puerta enrollable ALBANY

El acceso a la parte frontal de la celda se realiza a través de la puerta enrollable ALBANY. Este acceso es para la carga y descarga de piezas por parte del operario. La operación de la puerta está conectada al ciclo de cambio de estación. Se cierra para el ciclo de fresado y se abre automáticamente cuando finaliza. Es posible abrir y cerrar la puerta de forma manual desde la pantalla táctil del panel de control.

Detrás de la cortina hay una barrera de luz que permite realizar el fresado de forma segura, ya que detecta la presencia de un operario dentro de la celda con la puerta enrollable cerrada. En caso de emergencia, un accionamiento manual permite desbloquear el freno del motor del enrollado de la puerta, de forma que ésta se pueda subir y bajar a mano.

2.3.4.2. Acceso a través de la puerta trasera

El acceso a la parte posterior de la celda es posible a través de la puerta trasera. Esta puerta se bloquea mediante una cerradura electrónica, que es operada por el autómatas de la celda. Junto a la puerta se sitúa una botonera que permite desbloquearla para realizar una intervención en el interior y volver a bloquearla al finalizar. Para ello, la instalación debe encontrarse en modo manual.

La petición de acceso se realiza mediante un selector de dos posiciones. Cuando éste se gira a la posición de acceso, la puerta se desbloqueará. Para volverla a bloquear se deberá cerrar la puerta, girar la manilla para actuar el bloqueo, girar el selector a la posición de bloqueo y pulsar el botón inferior de “fin de intervención”. Cuando la puerta se haya cerrado y bloqueado correctamente, el piloto verde inferior se encenderá, indicando que el recinto es seguro para la operación de la máquina.



Fig. 13 Cerradura electrónica y control de acceso de la puerta trasera

3. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

3.1 INSTALACIÓN

3.1.1. *Asegurar el envío*

Para el transporte de la celda a la casa del cliente, algunos elementos de la misma deben ser desmontados. Es importante que los dos bloques en los que se envía la celda vayan siempre nivelados durante el transporte, para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina. La máquina tiene pies, cada uno de los cuales cuenta con una placa de anclaje y tornillos de nivelado. Cada pie tiene dos agujeros, uno de los cuales se atornilla para nivelar la celda y el otro para anclarla al suelo. Es importante que los tornillos de anclaje estén bien apretados para el buen funcionamiento de la máquina.

3.1.2. *Instalación de los elementos desmantelados para el transporte*

El desmantelaje de la celda se lleva a cabo sin tensión en la misma, y no se podrá reconectar hasta que todos los elementos hayan sido montados nuevamente. Cuando la máquina se haya montado completamente en su ubicación final, se podrán volver a conectar la toma eléctrica y neumática de la celda.

3.2 CONEXIONES DE SERVICIO

El usuario debe proporcionar las conexiones eléctricas y neumáticas necesarias para el funcionamiento de la máquina.

3.2.1. *Conexión eléctrica*

Debe proporcionarse una línea eléctrica principal, debidamente protegida, con un voltaje de 380 V AC (3 fases, neutro y tierra), con una potencia estimada de 17 kVA. La conexión debe realizarse dentro del armario eléctrico de la celda, en los casquillos marcados como R-S-T-N-PE.

3.2.2. *Conexión neumática*

El usuario debe proporcionar dos conexiones de aire comprimido, como mínimo de 1 pulgada de sección, con una presión de 6-7 bares, protegidas con una válvula de bola. La limpieza del aire debe estar garantizada. El aire debe ser seco, sin aceite y libre de partículas. Las tomas de aire deberán conectarse a las unidades de mantenimiento con un regulador de presión y una electroválvula, presentes en la parte izquierda de las unidades de mantenimiento.

4. PROCESO OPERATIVO

Este capítulo describe la operación de la máquina en modo manual y automático, y el procedimiento de arranque de la misma.

4.1 MODO DE OPERACIÓN

4.1.1. Selección del modo de operación

La selección del modo manual o automático de la celda se realiza mediante un selector de llave localizado en el panel de control principal. Al girar la llave, se cambiará el modo de operación de la celda inmediatamente.

4.1.2. Modo manual

El modo manual permite la realización de los distintos movimientos y acciones comandados por el autómatas (PLC):

- Sujeción y liberación de la pieza del utillaje
- Soplado de los sensores del utillaje
- Giro de la estación del utillaje
- Subir y bajar la puerta enrollable ALBANY
- Abrir y cerrar las compuertas de aspiración

El modo manual de la celda no está conectado con el modo manual del robot. Éste cuenta con su propio selector en la cabina de control del robot, que deberá ser seleccionado independientemente.

4.1.3. Modo automático

El modo automático es el modo normal de producción. Permite, si se reúnen las condiciones necesarias, realizar el ciclo de producción. También permite realizar el cambio de broca. El modo automático de la celda no está conectado al modo automático del robot. Éste cuenta con su propio selector en la cabina de control del robot, que deberá ser seleccionado independientemente. El arranque del ciclo automático de la celda no es posible con el robot en modo manual.

4.2 USO DEL HMI

La interfaz de usuario de la celda (Human Machine Interface o HMI) se compone por un panel de control, que cuenta con los principales elementos de control de la máquina. A mayores, dos botoneras situadas en la puerta trasera, por el lado de dentro y fuera de la celda respectivamente, permiten realizar otras operaciones (acceder a la celda por la puerta trasera y poner en marcha el sistema de aspiración). También se encuentran pulsadores de permiso operativo y paro de emergencia en otros puntos de la máquina. El robot puede manejarse de forma manual desde su consola de programación.

4.2.1. Panel de Control



Fig. 14 Panel de Control

El panel de control está situado en la parte frontal de la celda. Es el medio principal para operar la máquina y realizar el ciclo de trabajo. Contiene diversos botones, selectores y LEDs que permiten realizar diversas operaciones de la celda. Encima de de estos elementos se sitúa la pantalla táctil, que contiene el programa con las diferentes pantallas que permiten el manejo de la instalación. A través de las distintas pantallas se pueden realizar todas las funcionalidades de la celda, en modo manual y automático. El robot podrá operarse en modo automático desde el panel de control, pero habrá de emplearse la propia consola del robot para operarlo manualmente. Encima del panel se sitúa un semáforo de colores y un zumbador. Estos elementos informan del estado actual de la celda y emiten avisos en caso de producirse una emergencia.

4.2.2. Botones, selectores y LEDs del Panel de Control

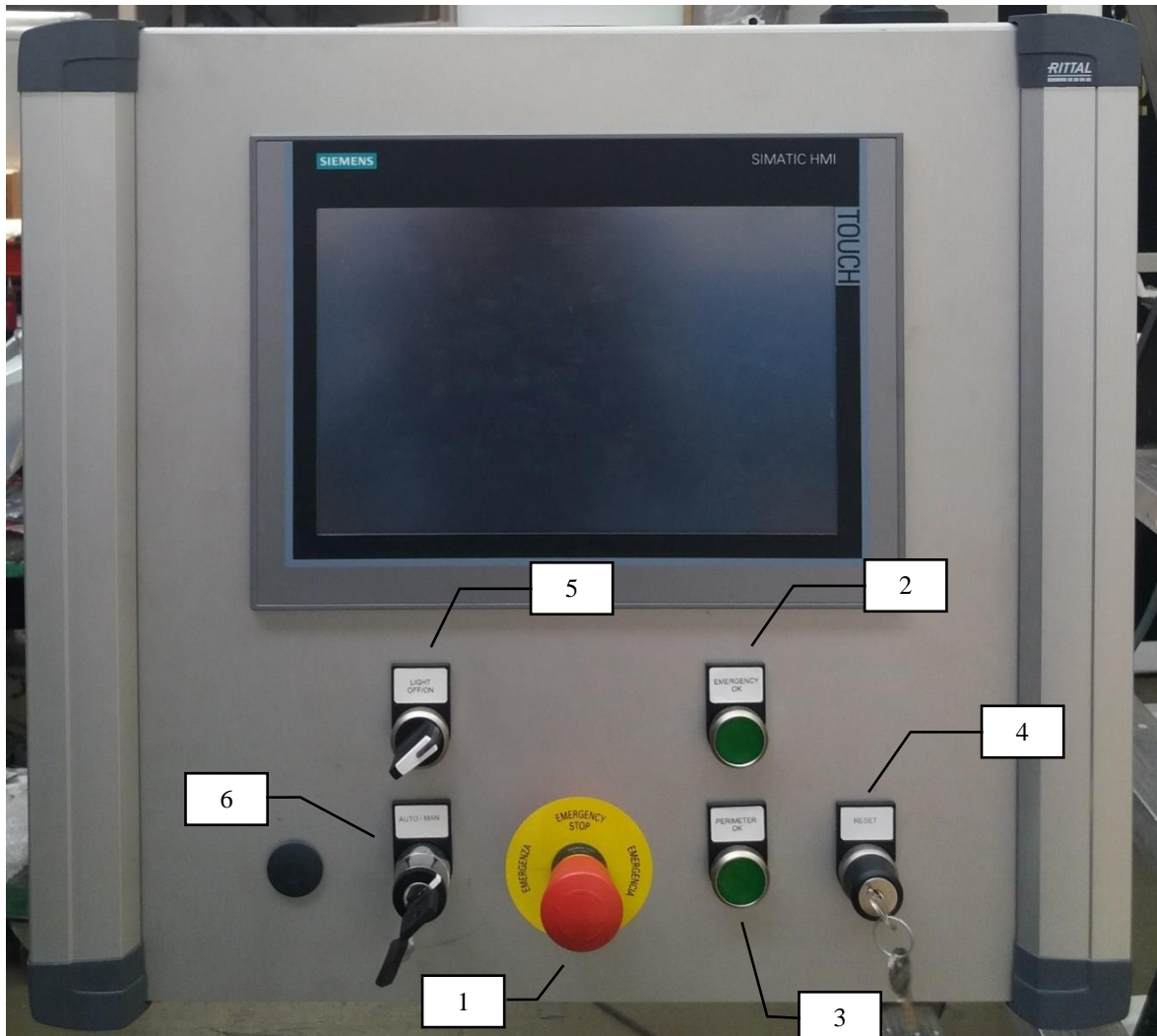


Fig. 15 Botones, selectores y LEDs del Panel de control

Los diversos elementos del panel de control son los siguientes:

1. Pulsador de paro de emergencia
2. Botón de rearme de emergencias
3. Botón de rearme de perímetro
4. Llave de reset de ciclo
5. Selector para encender y apagar las luces de la celda
6. Selector de modo manual o automático

Los LEDs de los botones de “rearme emergencias” y “rearme perímetro” indican el estado actual de las emergencias y del perímetro de la celda. Si el botón está iluminado, indicará que las emergencias están rearmadas y el perímetro validado, respectivamente.

4.2.3. Semáforo

El semáforo situado en la parte superior del panel de control contiene 3 lámparas de colores y un zumbador, que informan de los siguientes estados de la celda:

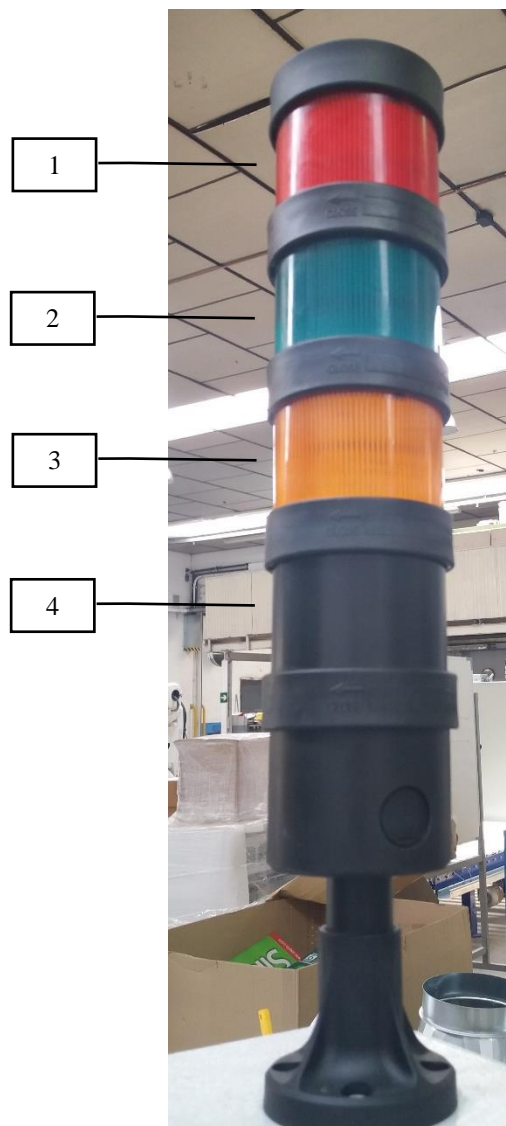


Fig. 16 Semáforo

1. Luz Roja: Emergencia activa (paro de la celda)
2. Luz Verde: Fija indica celda en modo automático, parpadeando, que el robot se encuentra en el fresado
3. Luz Ámbar: Celda en modo manual
4. Zumbador: Emergencia activa (paro de la celda)

4.2.4. Botonera de acceso a la celda

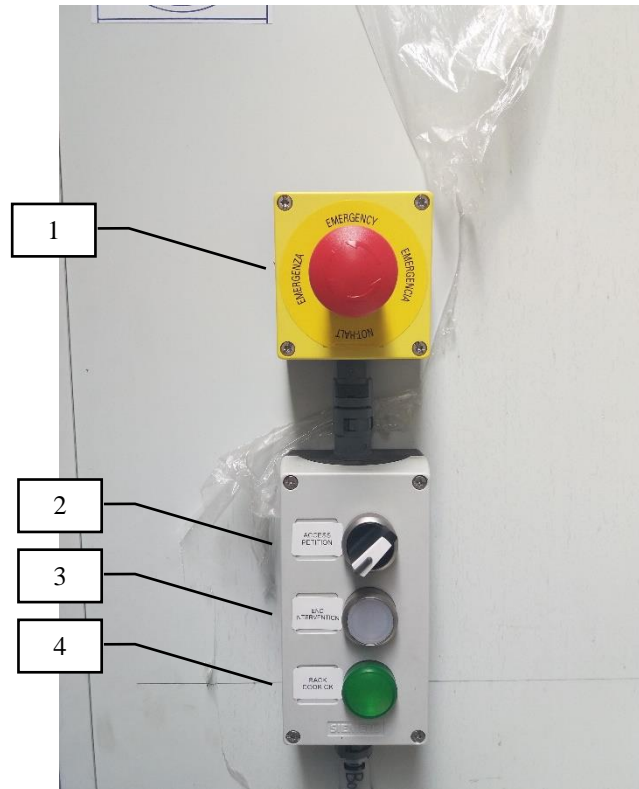


Fig. 17 Botonera de acceso a la celda

La botonera situada junto a la puerta trasera, en la parte exterior de la celda, permite el acceso al interior de la misma para realizar labores de mantenimiento. Contiene los siguientes elementos:

1. Pulsador de paro de emergencia
2. Selector de petición de acceso a la celda
3. Botón de fin de intervención
4. Indicador del estado del bloqueo de la puerta trasera

Para acceder a la celda, deberá girarse el selector a la posición de petición de acceso. Si el robot se encuentra en posición de home y los demás elementos de la celda fijos y en reposo, el bloqueo de la puerta se abrirá, permitiendo al operario o persona encargada del mantenimiento acceder al interior. Una vez finalizada la intervención, deberá girarse el selector a la posición de reposo y a continuación pulsarse el botón de fin de intervención. Al hacer eso, al luz inferior de indicación del bloqueo de la puerta se iluminará, indicado que la puerta se ha rearmado y el perímetro es seguro en esta parte de la celda.

4.2.5. Botonera en el interior de la celda

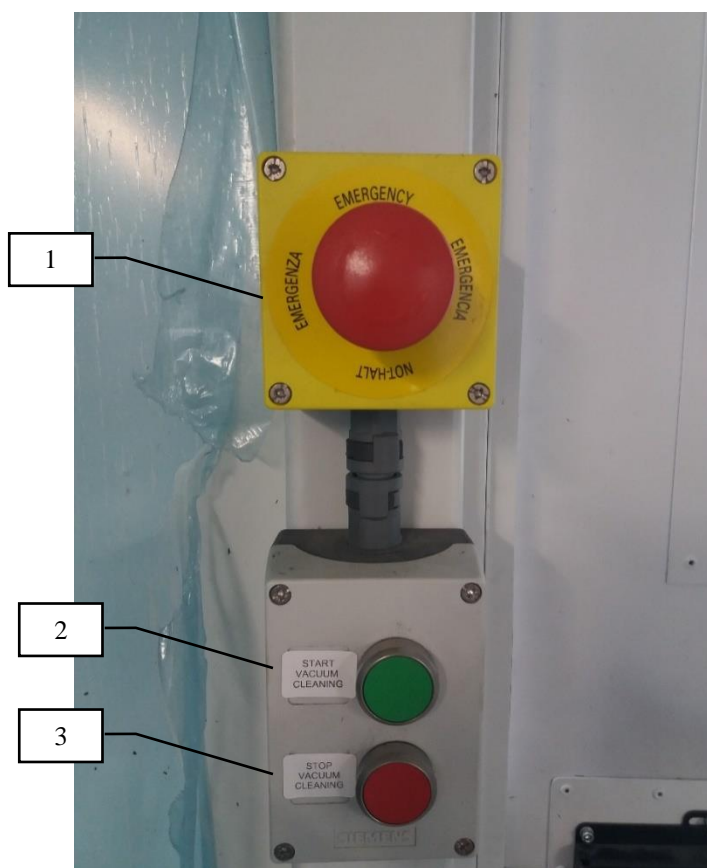


Fig. 18 Botonera interior de la celda

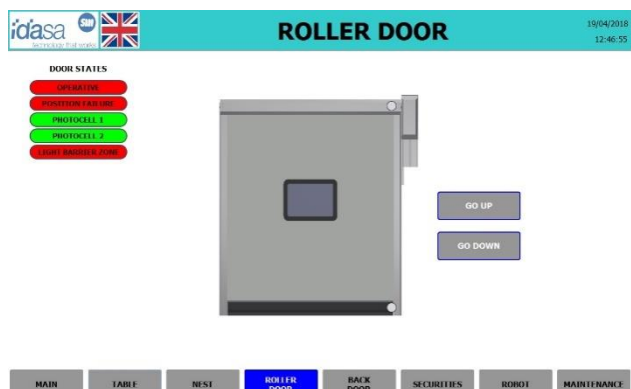
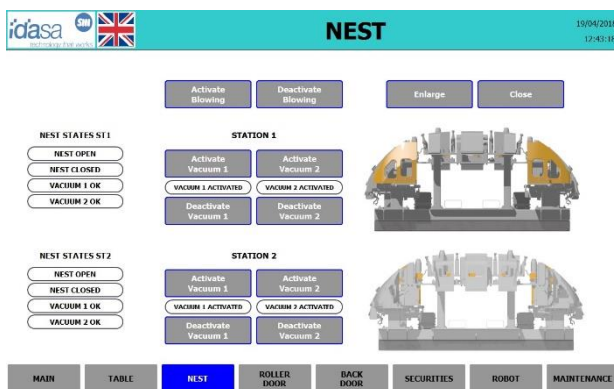
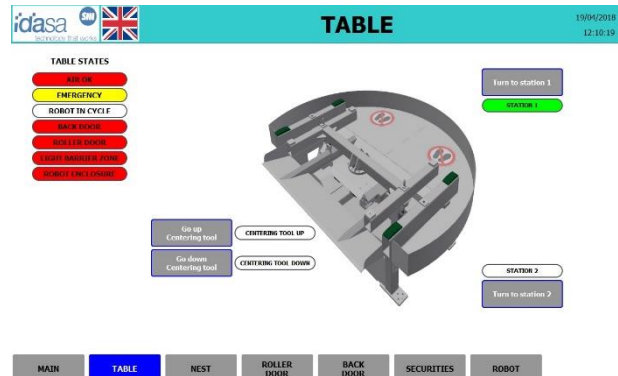
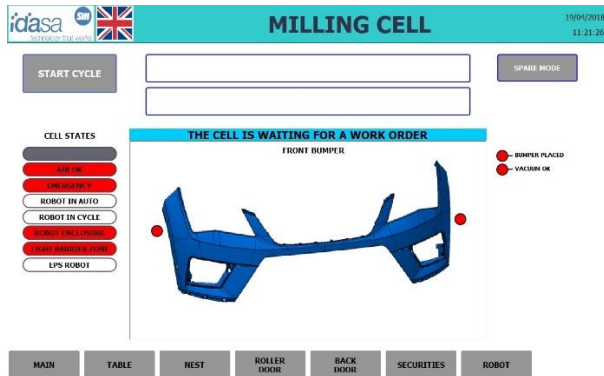
La botonera en la parte interior de la celda incluye un pulsador de paro de emergencia y dos botones, para poner en marcha y parar la aspiración de las dos tomas de servicio, en los tubos traseros. Se pueden conectar mangueras de aspiración a estos tubos para realizar la limpieza de la celda. Contiene los siguientes elementos:

1. Pulsador de paro de emergencia
2. Marcha de la aspiración
3. Paro de la aspiración

4.2.6. Pantalla táctil

A continuación se describirán las pantallas del HMI que permiten el control de la celda. Se ilustra primero el árbol de páginas, con todas las pantallas, y a continuación se explica el funcionamiento de cada una. La pantalla principal es la que majerá el operario normalmente para realizar la producción, mientras que las demás pantallas se usan para realizar acciones en modo manual o tareas de mantenimiento.

4.2.6.1. Árbol de páginas



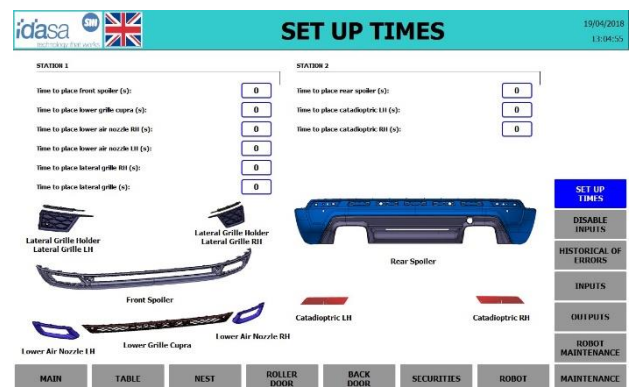
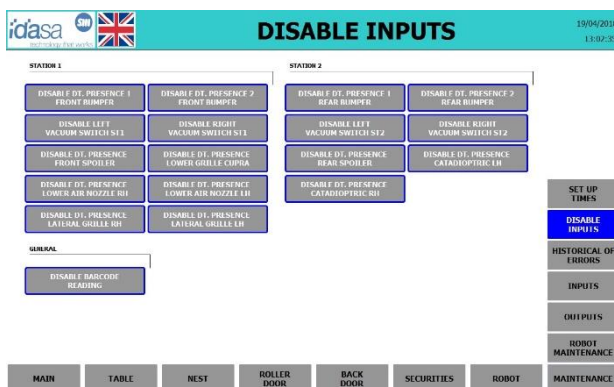
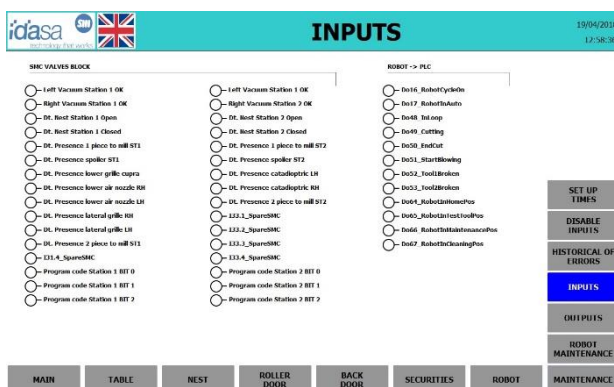
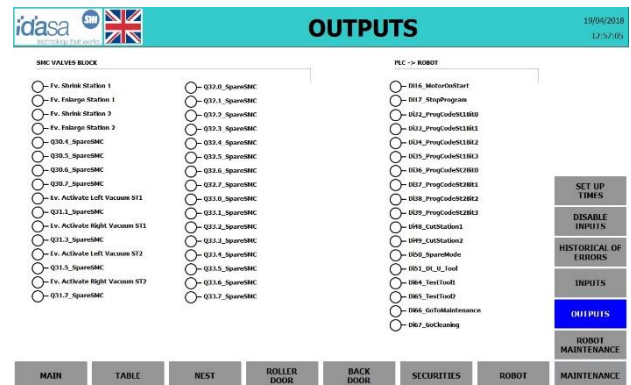
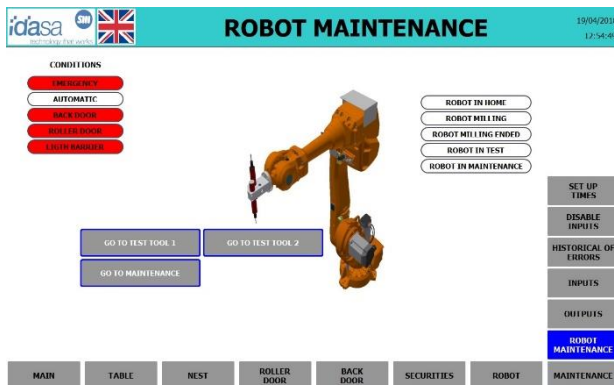
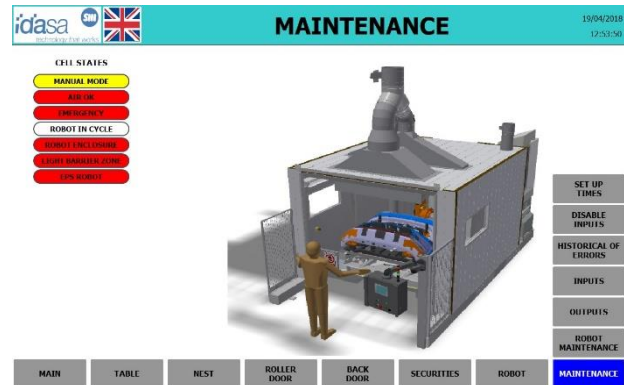
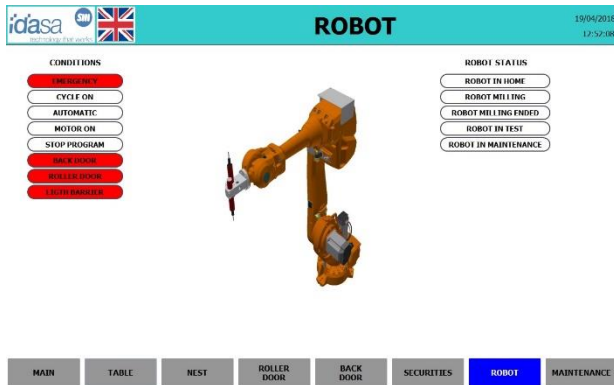


Fig. 19 Árbol de páginas del HMI

4.2.6.2. Página principal

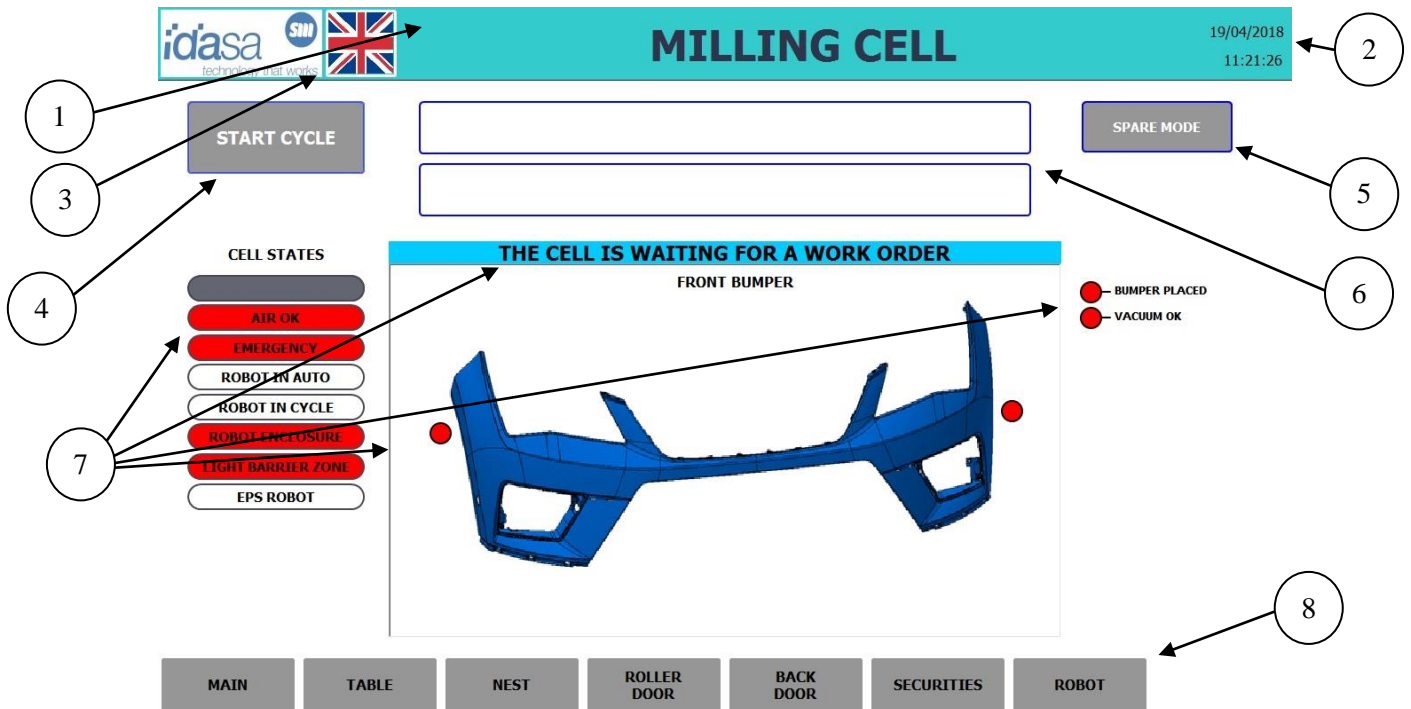


Fig. 20 Página principal

Esta página muestra el estado actual de la celda robótica y permite realizar las operaciones principales del ciclo de trabajo. Contiene los siguientes elementos:

1. Visor de fallos, que indica los errores actuales en la celda (si hay alguno)
2. Indicador de fecha y hora
3. Botón para seleccionar el idioma del HMI (español, inglés y checo)
4. Botón para arrancar y parar el ciclo
5. Botón para seleccionar el modo “spare”
6. Rótulos que indican el código JIT del parachoques y el del spoiler
7. Indicadores del estado de la celda y del ciclo
8. Accesos a las demás páginas del HMI

Cuando se cumplen las condiciones para el arranque del ciclo, el usuario podrá pulsar el botón de “Arranque Ciclo”, en la parte superior izquierda de la pantalla, con lo que empezará el ciclo de trabajo. En primer lugar, se seleccionará automáticamente el rótulo superior, en el cual se introducirá el código del parachoques leído con una pistola de códigos de barras. Éste habrá de corresponderse posteriormente con el código leído para el spoiler (pieza auxiliar) en el rótulo inferior. La imagen central y el texto en la parte superior informan al usuario del siguiente paso a realizar en el ciclo. Los pasos varían en función de si se trata de un parachoques delantero o trasero o si se selecciona el “spare mode” (fresado sin colocación de piezas auxiliares).

4.2.6.3. Mesa

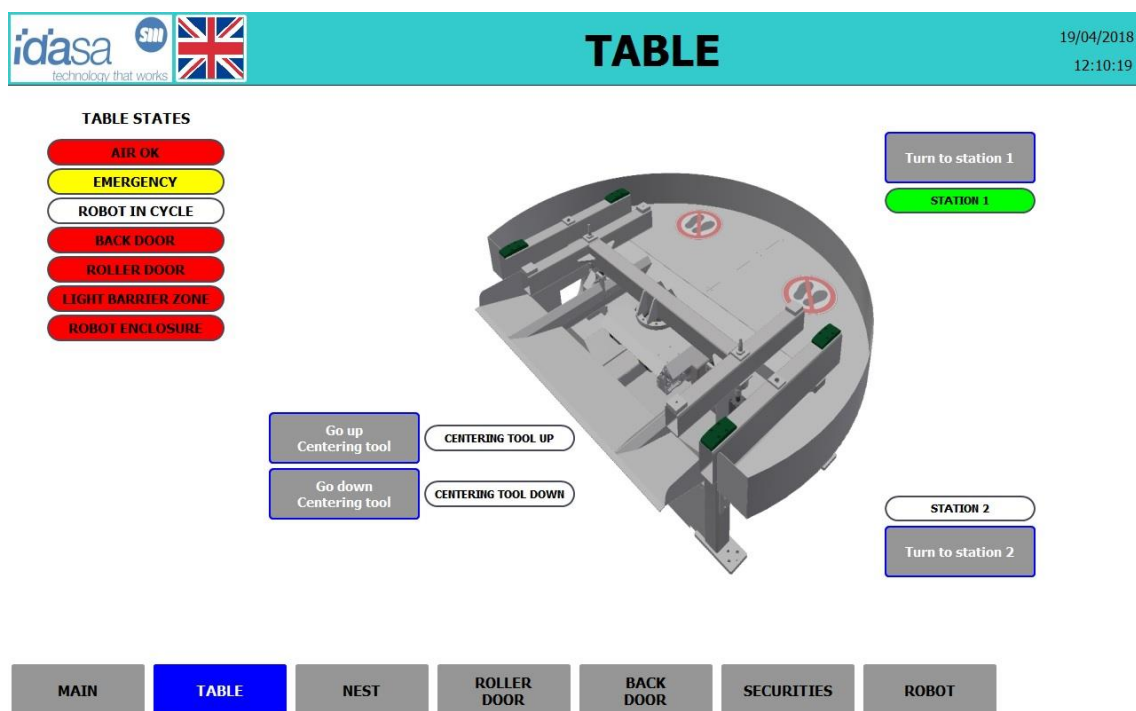


Fig. 21 Página mesa

Esta página indica el estado de la mesa rotatoria, situada bajo el utillaje, y permite girarla de una estación a otra. También permite el movimiento de la herramienta de centraje, un pasador metálico situado bajo la mesa que asegura la posición de la misma en ambas posiciones. Ésta debe estar bajada para el cambio de estación y subida durante el resto del proceso. La mesa sólo puede girarse en el modo manual de la instalación.

4.2.6.4. Utillaje

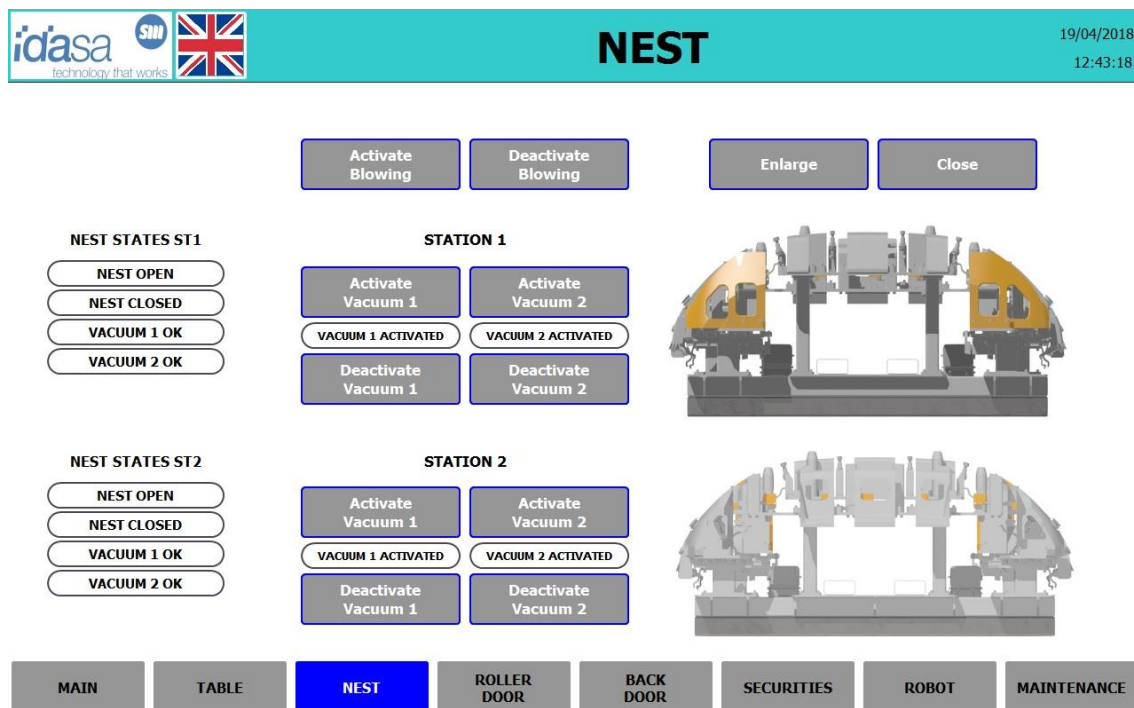


Fig. 22 Página utillaje

Esta página muestra el estado del utillaje usado para colocar el parachoques. Permite activar y desactivar las ventosas que fijan el parachoques al utillaje, así como el soplado de los sensores ópticos que mantiene a los mismos libres de viruta. También permite abrir y cerrar el utillaje. Éste cuenta con una parte móvil en cada extremo que permite encojerlo y agrandarlo. El utillaje permanecerá abierto durante la colocación del parachoques y el fresado, y sólo se cerrará para facilitar su descarga. Cada estación del utillaje puede actuarse por separado. La estación 1 es para la colocación de los parachoques delanteros y la 2 para los traseros. El utillaje sólo puede operarse en modo manual.

4.2.6.5. Puerta enrollable

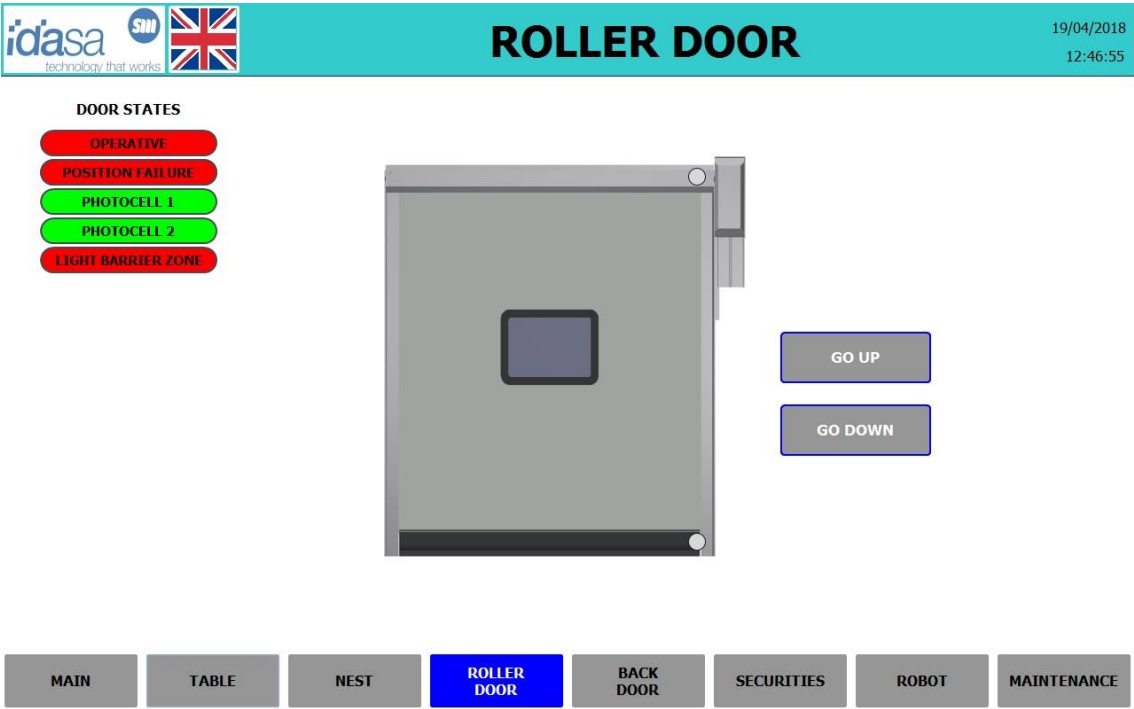


Fig. 23 Página puerta enrollable

Esta página muestra el estado de la puerta enrollable y permite abrirla y cerrarla en modo manual. También muestra el estado de la barrera óptica situada tras la puerta y de las dos fotocélulas situadas delante.

4.2.6.6. Puerta trasera

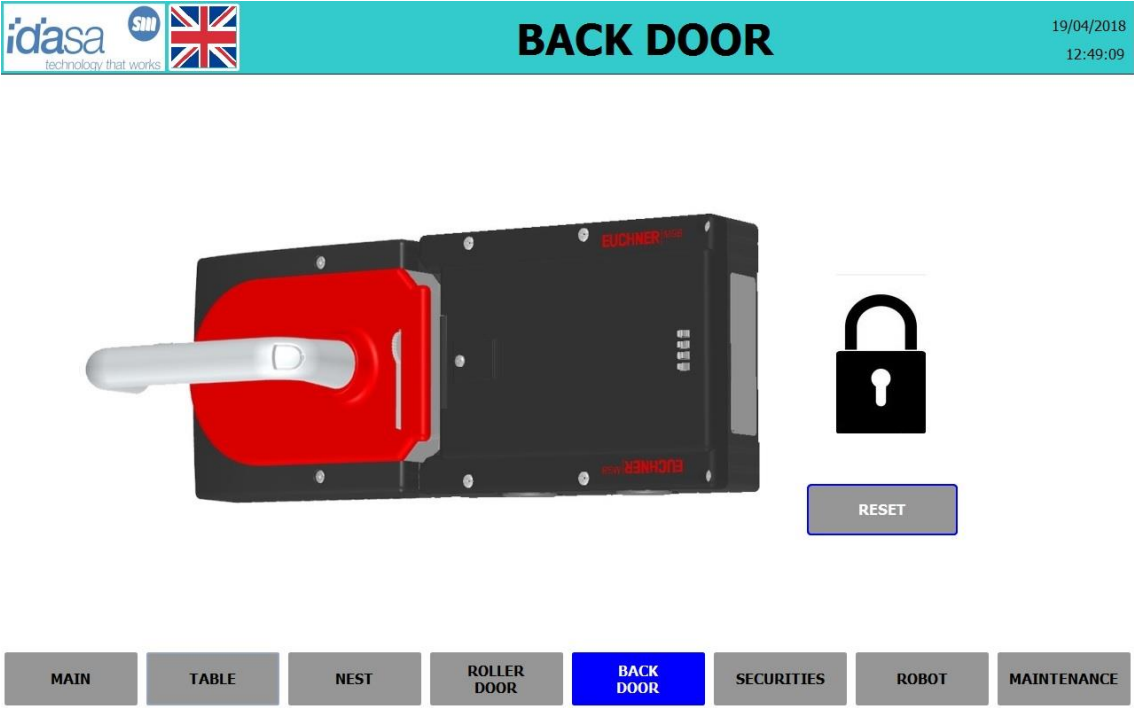


Fig. 24 Página puerta trasera

Esta página muestra el estado del cerrojo electrónico de la puerta trasera, y permite resetearlo en caso de fallo.

4.2.6.7. Seguridades

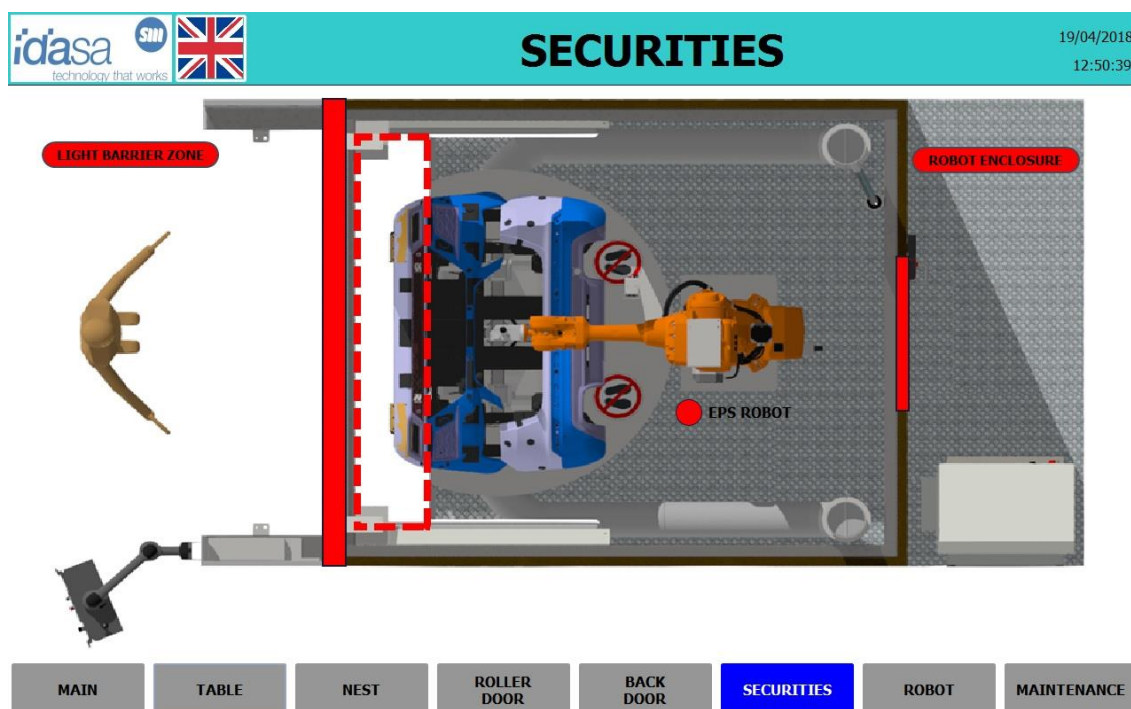


Fig. 25 Página seguridades

Esta página muestra el estado de las seguridades de la celda, que incluye las fotocélulas en frente a la puerta enrollable, la barrera de luz tras ella y la puerta trasera. Cuando todas las seguridades están activas, el perímetro de trabajo del robot es seguro y éste puede moverse. También indica si el robot está en posición de reposo.

4.2.6.8. Robot

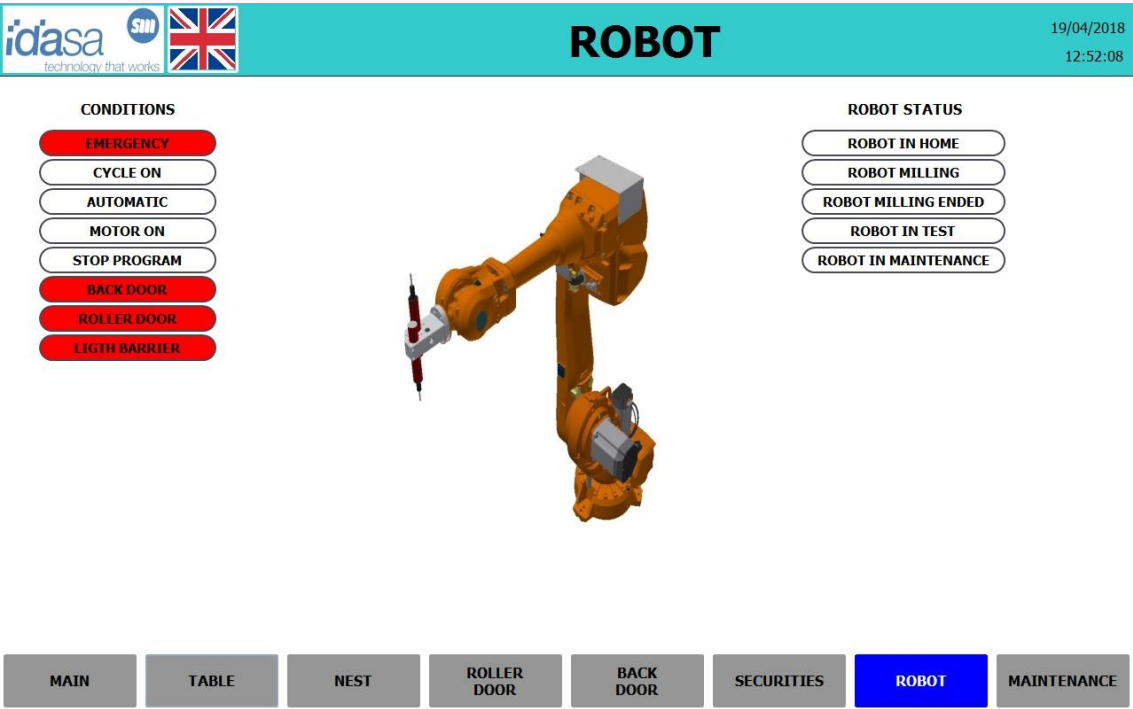


Fig. 26 Página robot

Esta página proporciona información sobre el estado de la celda y las señales que afectan al movimiento del robot, tales como el estado de las emergencias, la selección del modo automático o la señal de motores ON del robot. También indica la posición o tarea actual del robot (si está en reposo, fresando, en mantenimiento, etc).

4.2.6.9. Página principal de mantenimiento

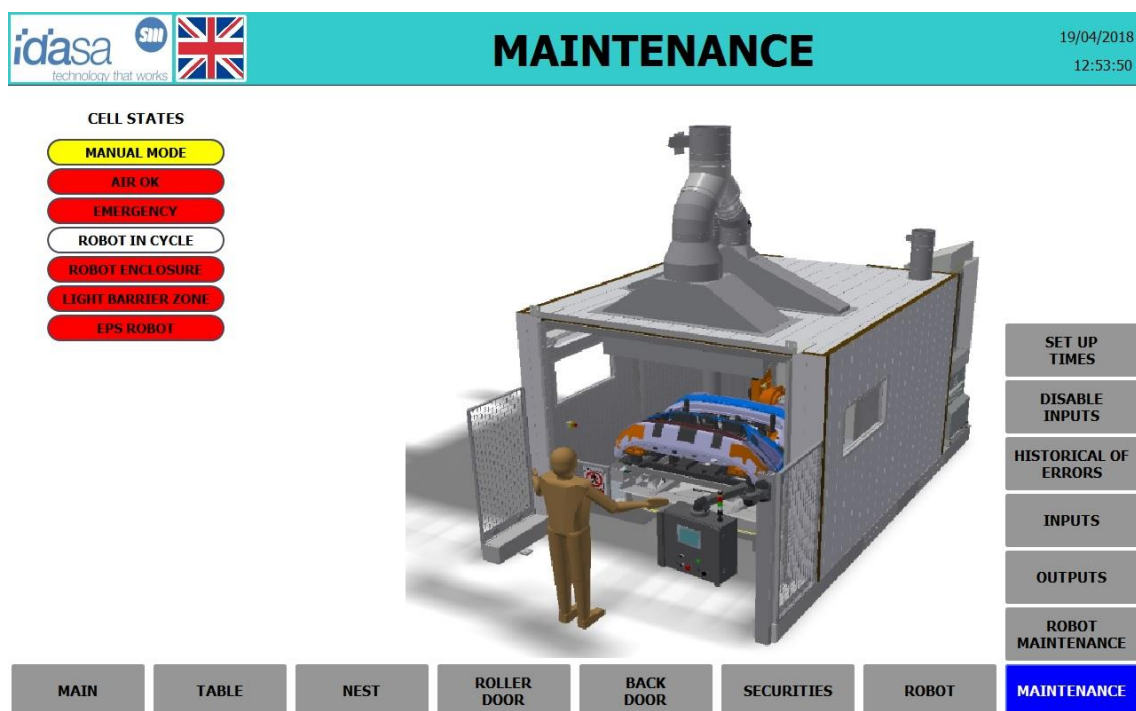


Fig. 27 Página principal de mantenimiento

Para acceder a las páginas de mantenimiento, la celda debe estar en modo manual, y debe introducirse un usuario y contraseña. Hecho esto, se podrá acceder a la página principal de mantenimiento, desde la que se puede acceder a las distintas subpantallas de mantenimiento. En esta página se muestra información sobre el estado de la celda y las seguridades de la misma.

4.2.6.10. Mantenimiento del robot

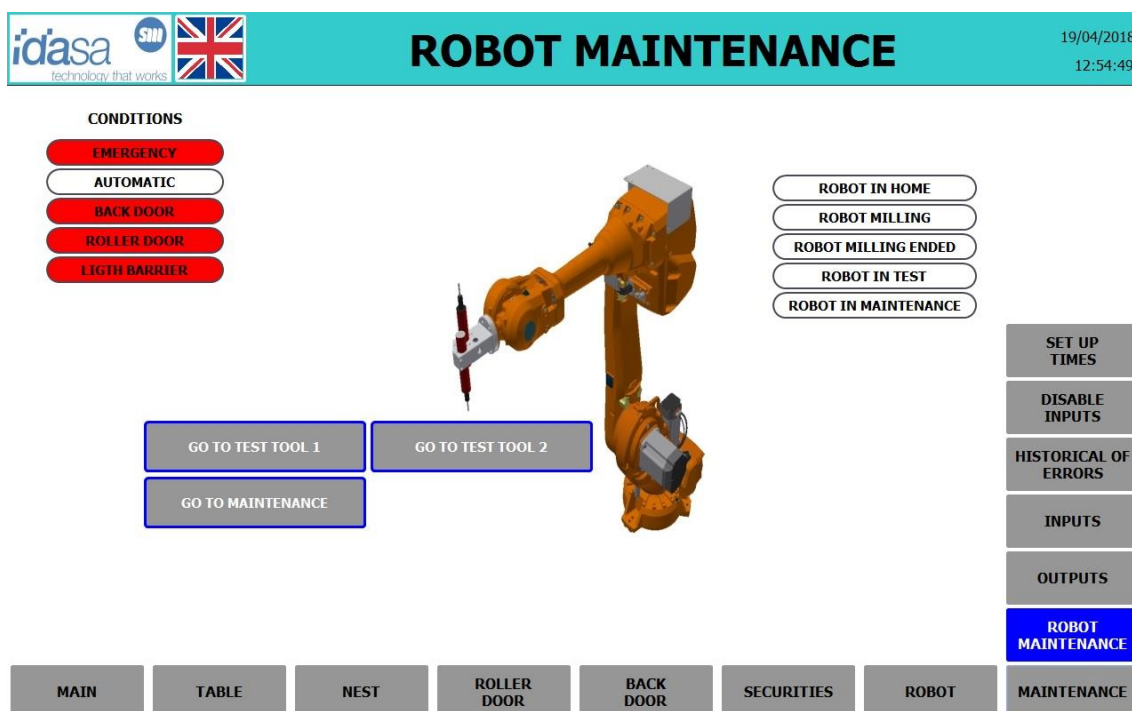


Fig. 28 Página mantenimiento del robot

Esta página informa sobre el estado del robot y de las seguridades de la celda, y permite mover el robot a la posición de mantenimiento, así como probar las herramientas en el sensor de presencia. Cuando se lleva el robot a la posición de mantenimiento para cambiar una broca, al finalizar el mismo, éste irá automáticamente a comprobar las brocas en el sensor de presencia. Este sensor detecta la longitud de las brocas, comprobando que se hayan colocado correctamente. En caso de no haberse hecho, el robot volverá automáticamente a la posición de mantenimiento, para recolocar la broca correctamente.

4.2.6.11. Salidas

Fig. 29 Página salidas

Esta página permite ver el estado de las salidas del PLC al bloque de válvulas SMC que operan el utillaje, y las salidas del PLC al robot.

4.2.6.12. Entradas

Fig. 30 Página entradas

Esta página representa el estado de las entradas del bloque SMC al PLC (para conocer el estado del utillaje) y las entradas del robot al PLC.

4.2.6.13. Histórico de errores

HISTORICAL OF ERRORS 19/04/2018 13:01:11

No.	Time	Date	Status	Text
2	13:00:48	19/04/2018	E	Roller door NOT operative
1	13:00:48	19/04/2018	E	Cell air NOK

Navigation buttons on the right: SET UP TIMES, DISABLE INPUTS, **HISTORICAL OF ERRORS**, INPUTS, OUTPUTS, ROBOT MAINTENANCE.

System component buttons at the bottom: MAIN, TABLE, NEST, ROLLER DOOR, BACK DOOR, SECURITIES, ROBOT, MAINTENANCE.

Fig. 31 Página histórico de errores

Esta página muestra todos los errores ocurridos en la celda, incluyendo la hora y fecha de cuándo se produjo cada error y cuándo fue reseteado, así como una descripción de cada uno.

4.2.6.14. Deshabilitación de entradas

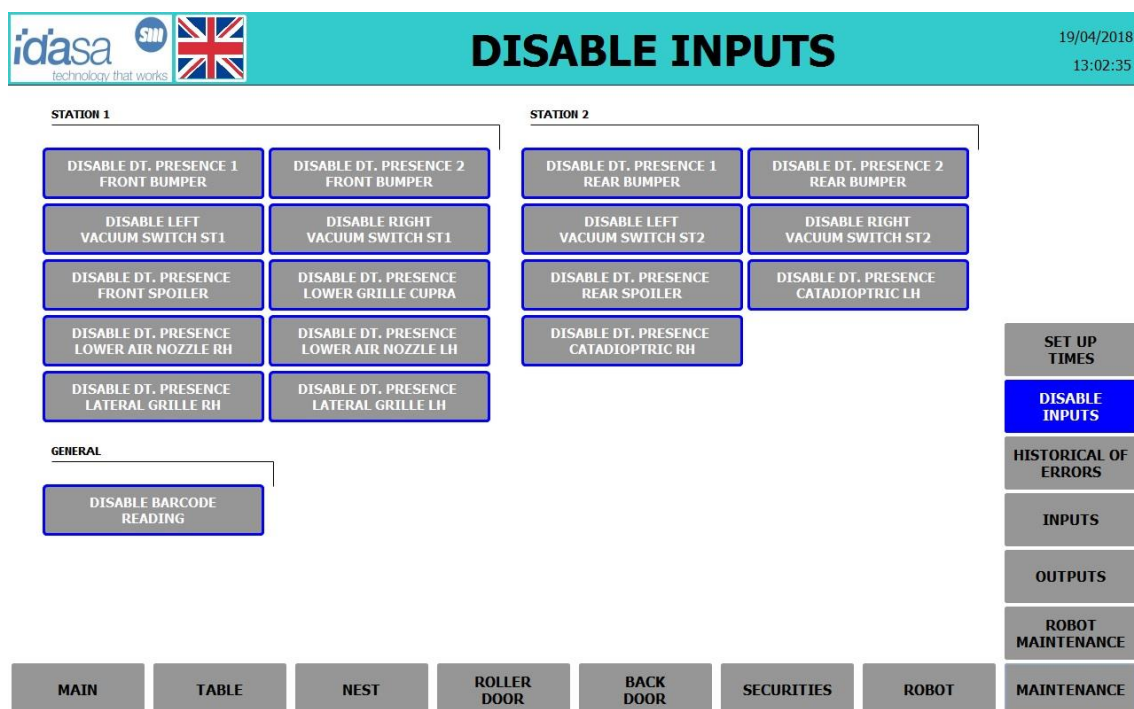





Fig. 32 Página deshabilitación de entradas

Esta página permite anular las señales de entrada de los sensores y válvulas de vacío que se utilizan para detectar la presencia y correcta posición del parachoques y piezas auxiliares en el utillaje. También permite anular la lectura del código de barras del parachoque.

4.2.6.15. Ajustar tiempos

SET UP TIMES

19/04/2018
 13:04:55

STATION 1

Time to place front spoiler (s):


Time to place lower grille cupra (s):

Time to place lower air nozzle RH (s):


Time to place lower air nozzle LH (s):

Time to place lateral grille RH (s):


Time to place lateral grille (s):




Lateral Grille Holder
Lateral Grille LH




Lateral Grille Holder
Lateral Grille RH




Front Spoiler



Lower Air Nozzle LH



Lower Grille Cupra




Lower Air Nozzle RH

STATION 2


Time to place rear spoiler (s):

Time to place catadioptric LH (s):


Time to place catadioptric RH (s):



Rear Spoiler



Catadioptric LH



Catadioptric RH

MAIN

TABLE

NEST

ROLLER DOOR

BACK DOOR

SECURITIES

ROBOT

SET UP TIMES

DISABLE INPUTS

HISTORICAL OF ERRORS

INPUTS

OUTPUTS

ROBOT MAINTENANCE

MAINTENANCE

Fig. 33 Página ajuste de tiempos

Esta página permite ajustar los tiempos usados para la detección de cada pieza. Cada pieza debe ser detectada durante el tiempo especificado para confirmar su correcta colocación y avanzar al siguiente paso del ciclo. Incluye una imagen de cada pieza cuyo tiempo de detección puede ser ajustado.

4.3 USO DE LA CELDA

4.3.1. Conexión de potencia

La conexión de la potencia a la celda se hace a través del interruptor principal, localizado en el lateral del armario eléctrico. Tras dar tensión, antes de proceder con la operación de la celda, deberá esperarse a que finalice totalmente el arranque del robot y la aparición de la página principal del HMI en la pantalla táctil.



Fig. 34 Interruptor principal

4.3.2. Arranque de la celda

Una vez que el robot y el panel principal hayan finalizado su arranque, se podrán rearmar las emergencias de la celda en el botón de “rearme emergencias”. Este botón estará parpadeando tras el arranque de la máquina, indicando la necesidad de restablecer las seguridades de la máquina antes de poder operarla.



Fig. 35 Botón de rearme emergencias

4.3.3. Modo de operación

El selector de modo de operación se encuentra en el panel de control. Permite cambiar el modo de trabajo de la celda entre manual y automático. El modo automático permite realizar el ciclo de trabajo, una vez pulsado el botón de “arraque ciclo”. El modo manual permite actuar manualmente los distintos elementos de la máquina, como el utillaje (ventosas, sopladores y apertura del mismo), la mesa rotatoria o la puerta enrollable. Cuando el modo manual está seleccionado, aparecerá en la pantalla el botón para el acceso a las pantallas de mantenimiento.

Es necesario que la celda se encuentre en modo automático para poder realizar los movimientos automáticos de la misma. Es necesario que el robot se encuentre en posición de “home” o reposo cuando se selecciona el modo automático. En caso contrario, se producirá un error en el robot. Si el robot se encuentra en una posición manual

distinta de la de reposo, el ciclo automático no podrá empezar. Primero, habrá de llevarse manualmente el robot a posición de reposo.

4.3.4. Arranque del ciclo

El arranque del ciclo de trabajo se realiza mediante el botón de “arranque ciclo”, en la parte superior izquierda de la pantalla principal. Para ello, la celda debe encontrarse en modo automático y las emergencias rearmadas.

4.3.5. Descripción del ciclo

El primer paso del ciclo es la lectura del código de barras del parachoques (a menos que se haya seleccionado el modo “spare”, en el que sólo se realiza el fresado de la pieza). Para ello se usa una pistola de lectura de códigos de barras, situada en la parte frontal de la máquina. El PLC comparará este código con una lista de códigos predefinidos en su programa. Si el código leído es correcto se procederá al siguiente paso. Si es incorrecto, el programa pedirá otro código hasta que se introduzca uno correcto.

Una vez que se ha comprobado el código, el operador deberá pulsar el botón de “permiso operativo”. Hay dos de estos botones, situados en la parte frontal, a ambos lados de la puerta enrollable ALBANY. Una vez pulsado, la puerta enrollable bajará y la mesa rotatoria girará a la estación correcta para el parachoques actual. Finalizado el giro, la puerta enrollable abrirá nuevamente. Si no se trata del primer ciclo, a mayores, el utillaje se abrirá, ya que habrá quedado cerrado para la descarga de la pieza al finalizar el ciclo anterior.

Para que la puerta enrollable pueda subir y bajar, las fotocélulas y barrera óptica situadas por delante y detrás de la misma deben estar libres de interferencias (sin objetos de por medio). En caso de que el perímetro no esté rearmado, el operario deberá de rearmarlo desde el panel de control para permitir la operación de la puerta enrollable. Si se ha pulsado el botón de permiso operativo para que baje la puerta con el perímetro sin rearmar, se habrá de pulsar de nuevo una vez rearmado.

Cuando la mesa del utillaje ya se encuentra en la estación correcta para el parachoques a fresar y la puerta enrollable ya se ha abierto, el operario puede colocar el parachoques en el utillaje. Una vez que el parachoques es detectado por los sensores del utillaje, las ventosas usadas para fijar el parachoques se activarán automáticamente. Cuando ambos lados del parachoques estén correctamente colocados (ambos indicadores de vacío del grupo de electroválvulas SMC del utillaje deben estar en verde), el operario puede validar el arranque del fresado pulsando el botón de permiso operativo. La puerta enrollable bajará y el robot empezará el fresado del parachoques.

Una vez finalizado el fresado, el robot irá a comprobar el estado de las brocas a un sensor de presencia antes de volver a la posición de “home” o reposo. Si se trata del primer ciclo de fresado desde que se encendió la máquina, también se llevará a cabo esta comprobación de las brocas antes del fresado, para asegurar que se encuentren debidamente colocadas. La diferencia entre la posición correcta de cada broca y la posición real detectada por el

sensor será usada como corrección de posición en el siguiente ciclo de fresado. Si la diferencia es mayor de 3 mm, el robot irá automáticamente a la posición de mantenimiento, y se activará un error de “herramienta rota” en la pantalla del HMI. En este caso, deberá accederse a la celda por la puerta trasera para corregir la posición de la broca, o cambiarla si está rota. Una vez que la broca está lista, deberá cerrarse la puerta trasera y pulsarse el botón de “finalizar mantenimiento”, que habrá aparecido en la pantalla al producirse el fallo. Tras esto, el robot comprobará el estado de las brocas en el sensor nuevamente, y si es correcto, irá a la posición de reposo. En caso contrario, volverá a la de mantenimiento.

Una vez que se ha fresado el parachoques y comprobado el estado de las brocas, la puerta enrollable se abrirá y el operario deberá leer el código de barras del spoiler, la primera pieza auxiliar a colocar. Igual que con el código del parachoques, el PLC solo permitirá continuar con el ciclo cuando se haya leído un código correcto, que en este caso deberá corresponderse con el código del parachoques leído al principio del ciclo. Cuando se haya leído un código correcto, el operario podrá colocar el spoiler en el parachoques. La presencia del spoiler deberá ser detectada durante un tiempo predefinido para asegurar su correcta colocación. Tras esto, el PLC avanzará al siguiente paso del ciclo.

Tras el spoiler, las demás piezas auxiliares se colocarán una por una. Un sensor validará la correcta colocación de cada pieza. El tiempo de detección para cada pieza podrá ajustarse desde la pantalla de “ajuste de tiempos”, dentro de las pantallas de mantenimiento. Se puede saltar la detección de cada pieza desde la pantalla de “deshabilitar entradas”, también en el área de mantenimiento. El parachoques trasero cuenta con pequeñas piezas auxiliares cuya colocación no es validada con sensores. Para estas piezas, el operario deberá confirmar su colocación con el botón de “permiso operario”.

Una vez que se hayan colocado todas las piezas auxiliares en el parachoques, el operario deberá pulsar el botón de “permiso operario” para que la puerta enrollable baje y se cierre el utillaje. Con éste cerrado, la puerta enrollable se abrirá de nuevo y el operario podrá descargar el parachoques acabado, finalizando con ello el ciclo de trabajo.

A parte del ciclo de trabajo normal, se puede seleccionar un modo “spare”, pulsando el botón del mismo nombre en la pantalla principal. En este modo sólo se fresará el parachoques, sin comprobarse el código de barras del mismo ni colocarse las piezas auxiliares tras el fresado. El modo “spare” se reseteará al final de cada ciclo, con lo que deberá pulsarse el botón nuevamente en caso de querer realizar otro ciclo en este modo.

A continuación se muestra un flujograma con la secuencia del ciclo automático.

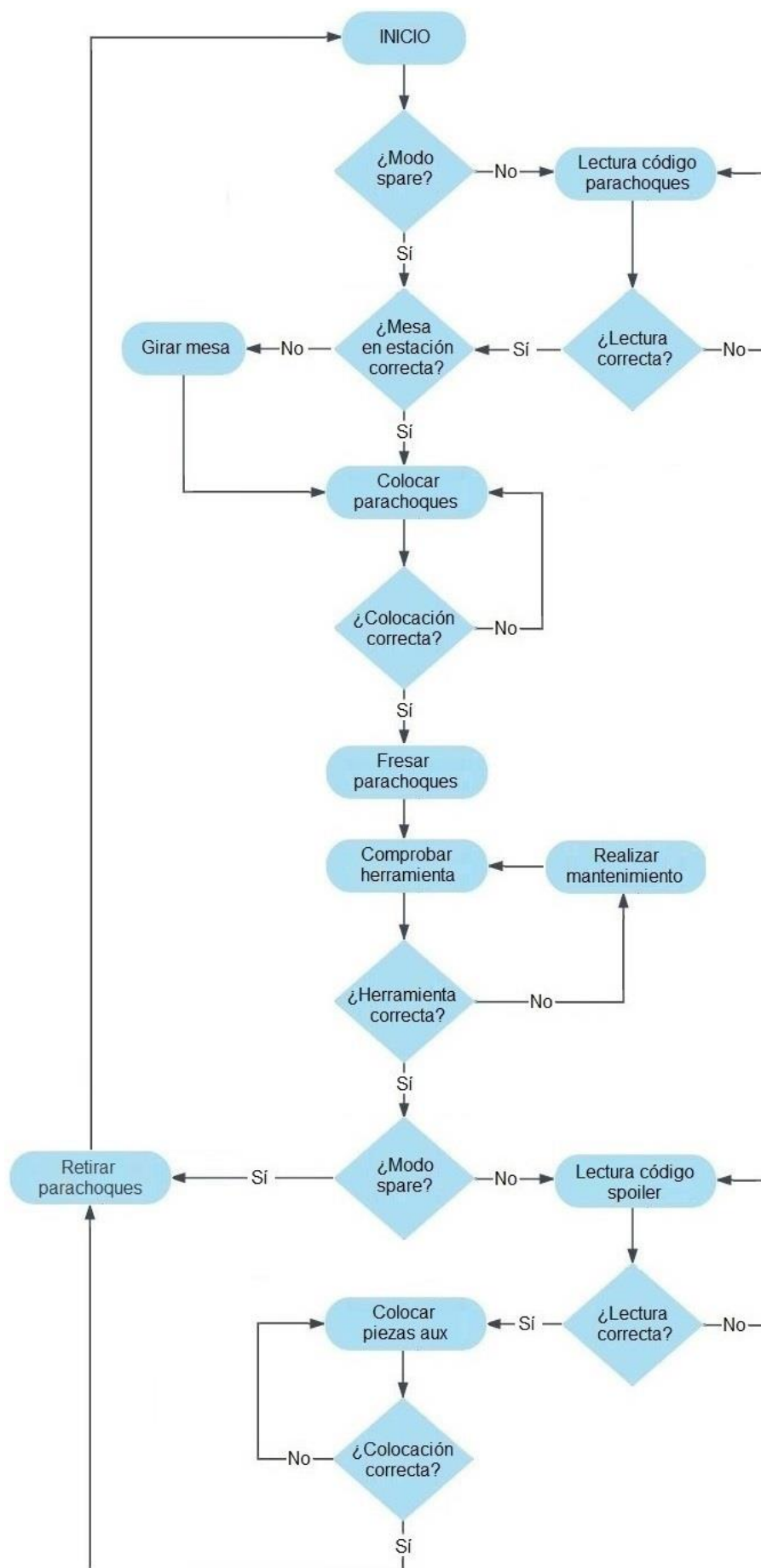


Fig. 36 Flujograma del ciclo automático

4.3.6. Cambio de herramienta y comprobación de herramienta rota

Al finalizar cada ciclo de fresado, el robot comprueba el estado de las herramientas de corte usadas en un sensor de posición, situado delante de su posición de reposo. Esta comprobación también se lleva a cabo tras un cambio de broca. El proceso de cambio de herramienta es el siguiente:

1. Petición desde la pantalla de “mantenimiento robot” para mandar al robot a la posición de mantenimiento (el robot no se puede encontrar en un ciclo de fresado)
2. El robot se sitúa en la posición de mantenimiento
3. Apertura de la puerta trasera
4. Cambio de la herramienta
5. Cierre de la puerta trasera y rearme de la misma
6. Validación del fin de la intervención desde la pantalla en el botón del mismo nombre

Al finalizar la intervención de mantenimiento, el robot irá automáticamente a comprobar el estado de las brocas al sensor de posición. Si éstas no están correctamente colocadas, el robot volverá a la posición de mantenimiento. En caso contrario, irá a la posición de reposo. Para que el robot se pueda mover entre estas posiciones, la celda debe estar en modo automático.



Fig. 37 Detector de presencia de broca

4.3.7. *Paro de emergencia*

Pulsar un paro de emergencia, en cualquier momento y en cualquier modo de operación, supondrá el paro inmediato de toda la instalación. El paro de emergencia de la celda y el del robot están conectados, de modo que el paro de emergencia en un elemento también supondrá un paro de emergencia en el otro.



Fig. 38 Pulsador de paro de emergencia

4.3.8. *Rearranque tras un paro de emergencia*

Tras desenclavar el paro de emergencia, girando su pulsador, se podrán restablecer las seguridades de la máquina pulsando el botón de “rearme emergencias” en el panel de control. A continuación, pulsando el botón de “marcha ciclo” en la pantalla principal se reanudará el ciclo de trabajo. Un paro de emergencia no resetea el ciclo de trabajo actual, pudiendo continuarse desde donde se encontraba antes del paro. Si el robot estaba fresando al producirse el paro, continuará el fresado en el mismo punto.

5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA INSTALACIÓN

5.1 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD DURANTE EL MANTENIMIENTO

A la hora de llevar a cabo el mantenimiento de la máquina habrán de tenerse en cuenta los riesgos que ésta presenta y habrán de respetarse las medidas de seguridad obligatorias.

- Uso obligatorio de los EPIs (Equipos de Protección Individual)
- Riesgo de choque contra objetos fuertes
- Riesgo de atrapamiento causado por elementos móviles
- Riesgo de tropiezos
- Debe ponerse especial atención durante la programación del robot, ya que ciertos elementos de seguridad permanecen desactivados para poder programarlo fácilmente
- Solo puede trabajar en la instalación personal autorizado y cualificado



Fig. 39 Indicadores de riesgo y de uso obligatorio de EPIs

6. PROGRAMACIÓN

En este capítulo se describe la programación del PLC que controla la máquina y del robot que realiza el fresado.

6.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC

6.1.1. Descripción del PLC empleado

El PLC empleado para el control de la celda robótica consiste en un Simatic S7 1200 de Siemens, con funcionalidad de “Safety” integrada (módulo con entradas y salidas seguras para el control de los elementos de seguridad). El PLC cuenta con un módulo de cabecera, en el que está situada la CPU del mismo, y una serie de módulos de entradas y salidas digitales, que se conectan en serie a la CPU del PLC.

A estos módulos se conectan los cables que envían las señales de entrada al PLC y los que reciben las salidas que actúan los diversos elementos de la máquina. En el caso de los elementos de seguridad, las entradas de los mismos se reciben por doble canal (dos circuitos para la señal de entrada de cada elemento), y se gestionan desde el módulo de seguridad del PLC. En caso de no recibir una señal de seguridad por uno de los dos canales, se caerá la cadena de seguridades del PLC, deteniéndose la máquina al instante. Tras el rearme de un elemento de seguridad, como una seta de emergencia, este elemento envía al autómatas una señal de confirmación del rearme (señal “ack”, acknowledge o reconocido), para validar el restablecimiento de la cadena de seguridades.



Fig. 40 CPU del PLC Simatic S7-1200 con funcionalidad Safety

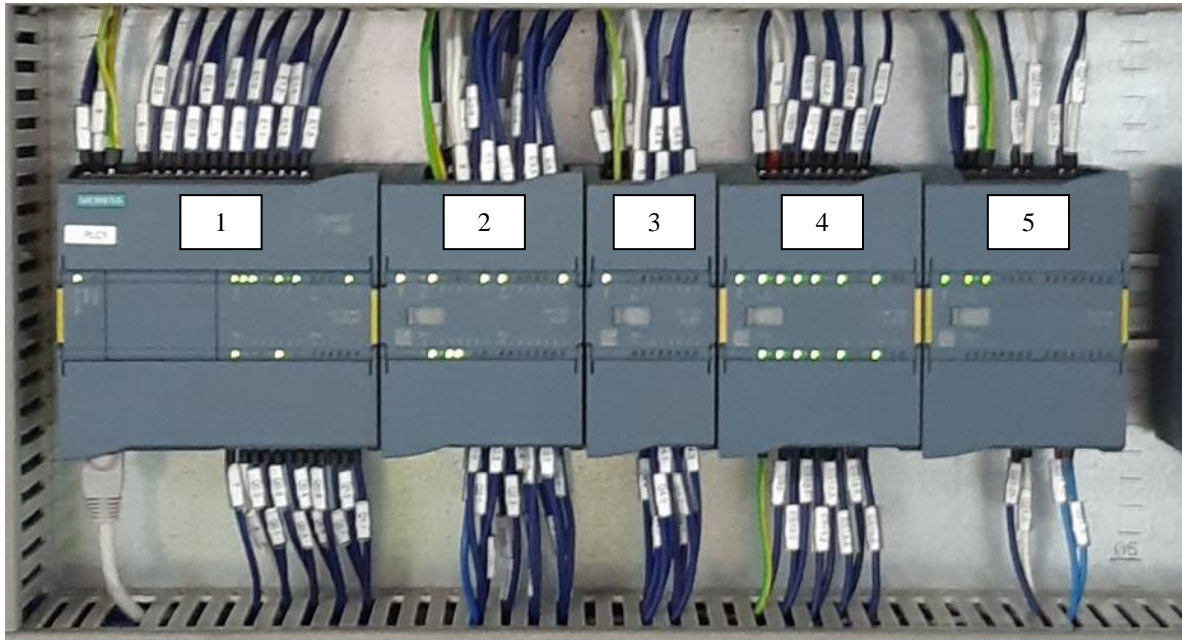


Fig. 41 PLC y módulos de entradas y salidas

Se distinguen los siguientes elementos en el PLC y sus módulos:

1. PLC Simatic S7 1200 (CPU), 14 entradas y 10 salidas digitales seguras
2. Módulo de 16 entradas y 16 salidas digitales
3. Módulo de 8 entradas y 8 salidas digitales
4. Módulo de 16 entradas digitales seguras
5. Módulo de 4 entradas y 4 salidas digitales seguras

6.1.2. Descripción del entorno de programación

El software utilizado para la programación de los autómatas de Siemens se denomina TIA Portal (Totally Integrated Automation). Con este programa se pueden configurar tanto el PLC y sus módulos como los demás elementos de control y automatización de la instalación, tales como la pantalla táctil del HMI o el variador de frecuencia para el motor del giro de la mesa. El proyecto se realiza en la versión 14 SP1 de TIA Portal, e incluye la instalación del software necesario para el control de variadores de frecuencia (Sinamics Startdrive) y para la gestión de los elementos de seguridad (Step 7 Safety).

El proyecto creado para esta instalación se divide en 2 apartados de programación diferentes, PLC y HMI. El variador de frecuencia se añade a continuación como un elemento a parametrizar. A mayores, otros apartados permiten establecer la comunicación entre dispositivos, comprobar los dispositivos conectados a la red del PLC o agregar los dispositivos externos empleados. De estos, en este proyecto contamos con un módulo SMC para los elementos neumáticos y un módulo de ABB para la comunicación entre PLC y robot.

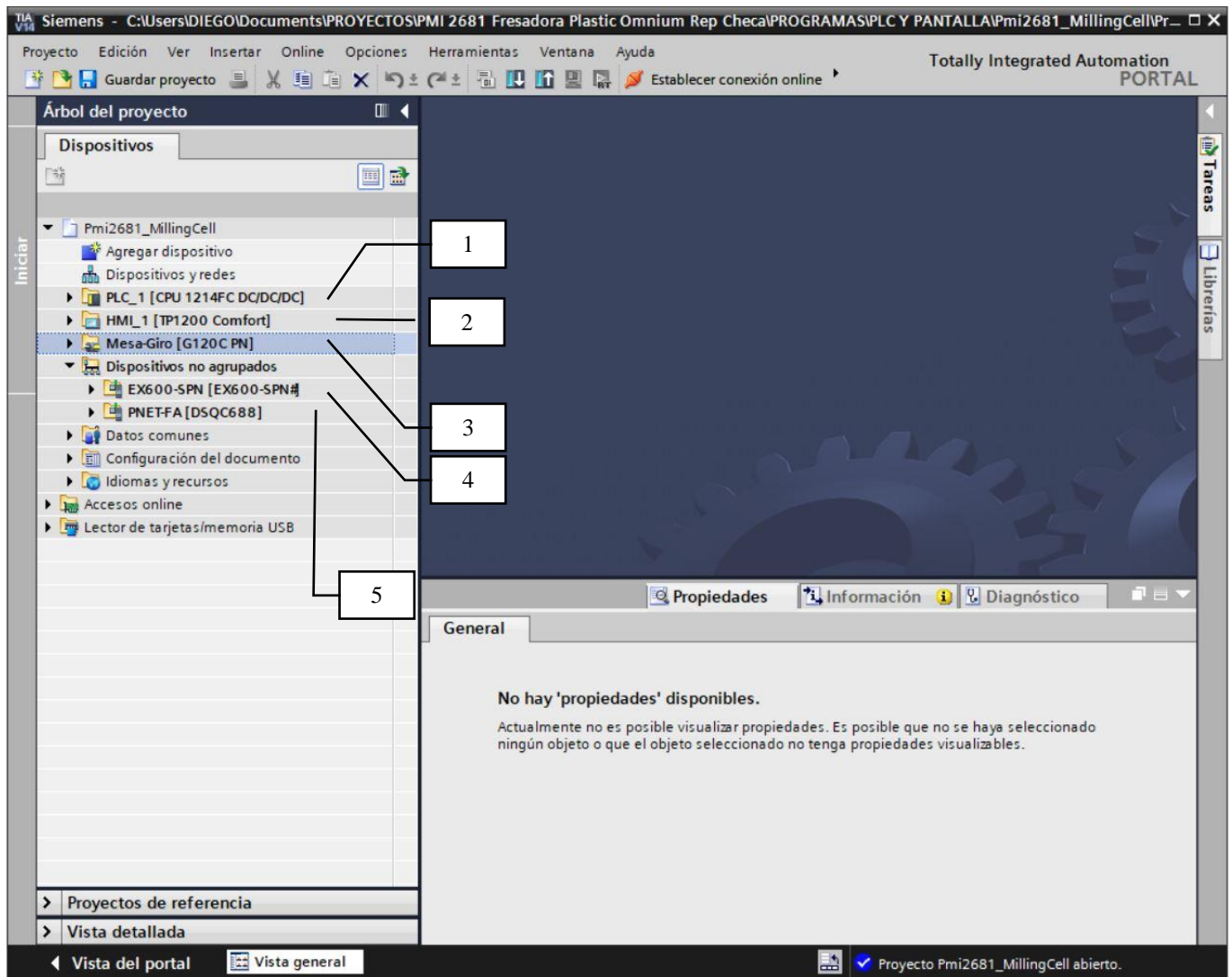


Fig. 42 Vista general del proyecto

Se distinguen los siguientes elementos en el proyecto de TIA Portal:

1. Programación del PLC
2. Programación del HMI
3. Parametrización del variador de frecuencia
4. Módulo de comunicación con el grupo SMC (dispositivo externo)
5. Módulo de comunicación con el robot ABB (dispositivo externo)

6.1.3. Configuración del hardware

El primer paso al crear el proyecto que contendrá el programa del autómatas es seleccionar el hardware a utilizar, en el apartado de configuración de dispositivos, de entre el catálogo de productos de Siemens disponibles. En este caso, contamos con una CPU Simatic S7 1200 con funcionalidad Safety y cuatro módulos de entradas y salidas digitales. Cada módulo deberá seleccionarse incluyendo su referencia exacta, la cual se incluye en la parte frontal de cada módulo.

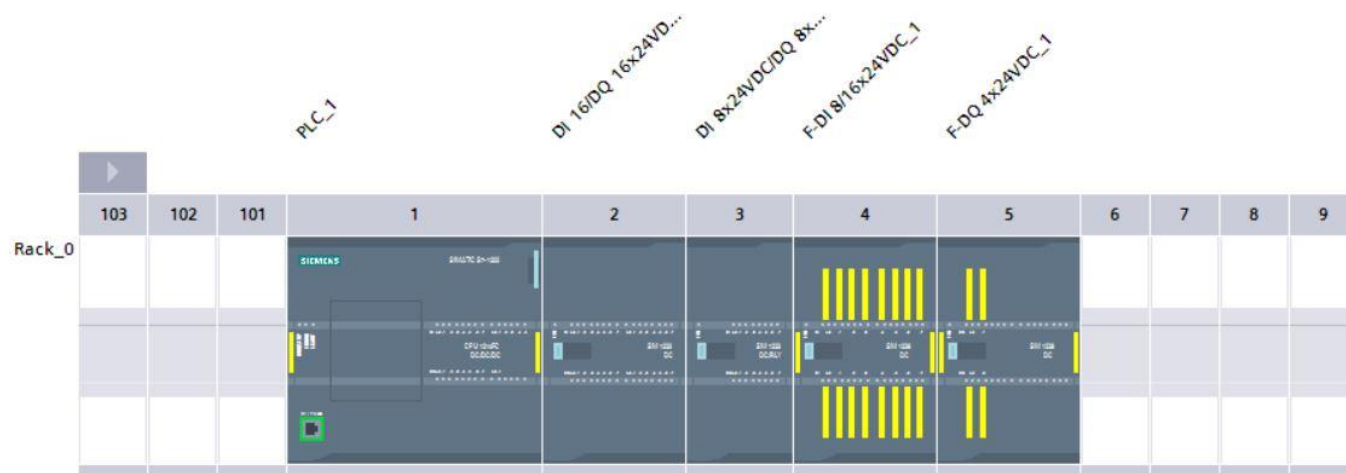


Fig. 43 Configuración del PLC

También se selecciona la pantalla táctil del HMI. La pantalla utilizada es una Simatic HMI 1200 Comfort Panel. Se añade también el variador de frecuencia para el motor del giro de la mesa. Éste será un Sinamics G120C PN. Para la comunicación entre el PLC y el robot, seleccionamos un bloque de comunicación con el robot de ABB que se carga previamente en el catálogo del TIA Portal. De la misma forma, se selecciona un bloque de comunicación para el grupo neumático de SMC.

Una vez que se ha seleccionado el hardware, se establece la comunicación entre los distintos elementos. La comunicación entre el PLC y los demás elementos se lleva a cabo por Ethernet, a través de un cable de red. La comunicación entre PLC y robot se lleva a cabo a través del protocolo Profinet, empleando igualmente un cable de red. El módulo de comunicación del robot es el encargado de gestionar la comunicación con el mismo.

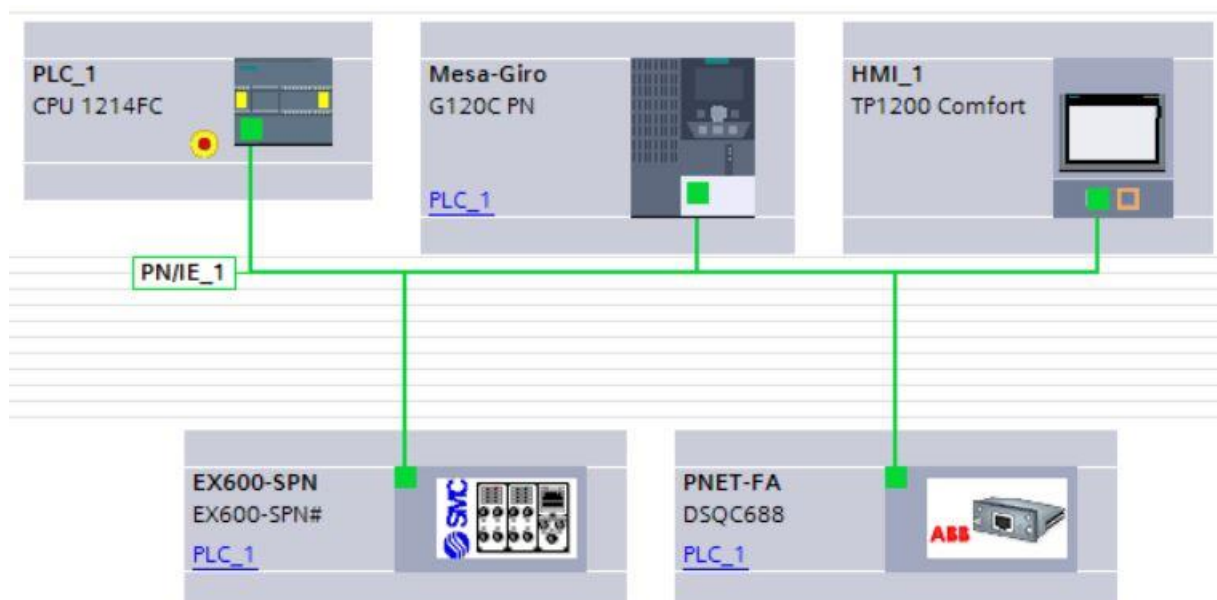


Fig. 44 Configuración de la red de comunicación

6.1.4. Descripción del lenguaje KOP o Ladder

La programación del PLC se realiza en lenguaje KOP o Ladder. Este lenguaje proviene de la forma de representación de los contactos eléctricos, y la programación se realiza por diagrama de contactos (KontaktPlan). Cuando se cumplen todas las condiciones (representadas por contactos) puestas en serie en un hilo, se activan las marcas (variables internas) o salidas del PLC (representadas por bobinas) puestas al final del mismo.

Estos contactos pueden ser normalmente abiertos o cerrados, en función de si se quiere usar como condición la presencia de una señal o su ausencia. También se puede utilizar como condición un flanco de activación o desactivación de ese contacto. Existen otros tipos de contactos en los que la condición es de tipo numérica (si una variable es igual o superior a determinado valor, por ejemplo).

Las bobinas pueden ser normalmente abiertas o cerradas (activan una señal mientras se cumplen las condiciones y la desactivan en cuanto dejan de cumplirse, o al revés, en las normalmente cerradas) o de set y reset (si una bobina activa con un set una marca o salida del PLC, ésta no se desactivará hasta que se active una bobina con un reset de esa misma señal).

A mayores, existen bloques de funciones que permiten realizar operaciones aritméticas, comparaciones, asignaciones, retrasos de tiempo, etc.

En el siguiente ejemplo se observan las condiciones de activación del modo manual y automático de la celda. Si se cumple la cadena de seguridades (Emergencias OK), la presencia de la señal del selector de llave del panel de control en una posición y su ausencia en la posición contraria permiten activar las marcas de “Modo Manual” y “Modo Automático” respectivamente. Las señales de seguridad, como “Emergencias OK”, llevan su fondo en color amarillo. Las entradas se designan mediante letras I, las salidas mediante Q y las marcas mediante M. El primer número representa el byte del grupo de señales actual, y el segundo, separado por un punto, el número de bit de ese byte (cada byte se compone de 8 bits).

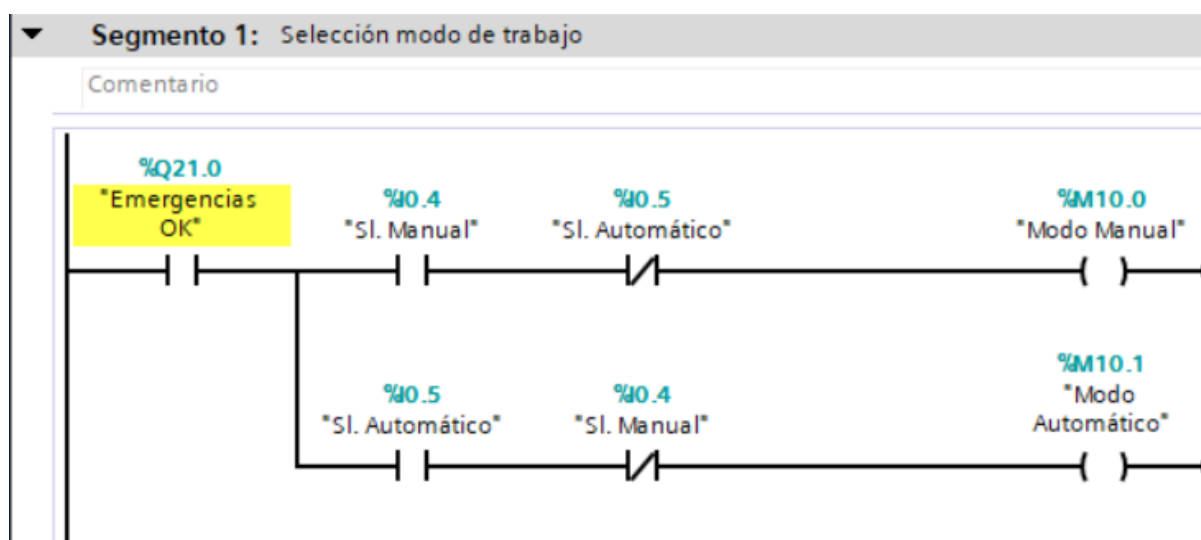


Fig. 45 Condiciones de selección del modo de trabajo de la celda

6.1.5. Estructura del programa

El programa se compone de diversos bloques de programación. En los bloques FC (function) se realiza la programación propiamente dicha de las distintas tareas o rutinas componen el programa. Los DB (Data Block) permiten guardar datos, como señales booleanas (con valores 0 o 1) o variables numéricas. Los OB (Organization Block) permiten llamar (realizar instancias) a los FC que realizan las distintas tareas. El OB1 es el bloque principal del programa, en el que se llaman todos los bloques FC utilizados. Un FC que no esté incluido en el OB1 no se ejecutará. Se pueden utilizar otros OB para realizar llamadas a bloques a distintos niveles de jerarquía del programa, aunque en este caso solamente se utiliza el OB1.

El programa se compone, por lo tanto, de un bloque principal de llamadas a funciones (OB1) y de diversos FCs que realizan distintas tareas. Varios DBs permiten guardar las variables usadas en el programa. A parte de en los DBs, las variables también se guardan como marcas del PLC en la propia memoria del autómatas, sin incluirlas en un DB. A mayores, el grupo de bloques del Safety (fondo amarillo) realiza la gestión de las seguridades del programa.

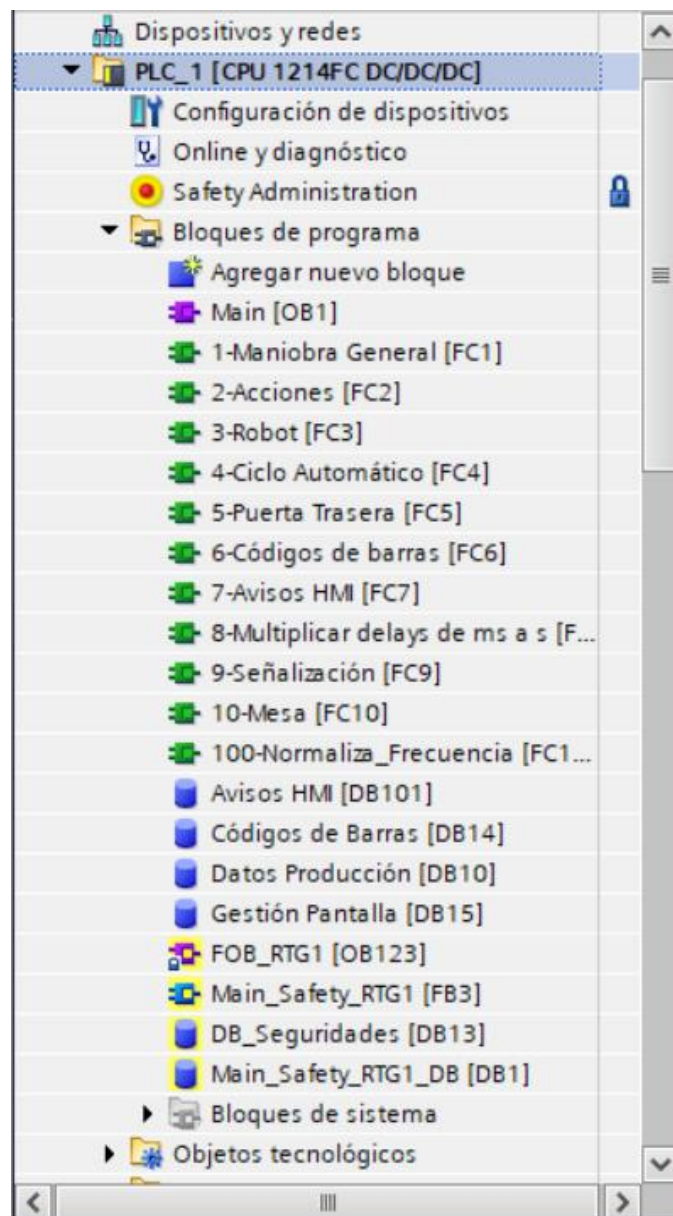


Fig. 46 Bloques del programa

6.1.6. Gestión de las seguridades del programa (Safety)

Los elementos de seguridad de la celda son gestionados en los bloques a tal efecto (Safety). Estos se componen de un OB (OB123), que llama al bloque principal del Safety (FB3) y dos DBs donde se almacenan las señales utilizadas en el apartado de seguridades. El FB (Function Block) que contiene la gestión de las seguridades es un bloque de programación que se diferencia del FC en que tiene asociado un DB de instancia cuyos datos solo pueden ser leídos y modificados por el propio FB (a diferencia de los DBs globales). Este FB, al igual que un FC, se compone de diversos segmentos donde se lleva a cabo la programación de los diferentes elementos de seguridad.

6.1.6.1. Paros de emergencia

Las 9 setas o pulsadores de paro de emergencia de la celda se encuentran seriadas en 3 circuitos de seguridades, de forma que si se pulsa una, caen todas las que van en serie con ella. El circuito de las setas es normalmente cerrado, y pulsar una interrumpe el mismo, cayendo con ello la cadena de seguridades. El programa incluye un bloque específico para tratar estos paros de emergencia (ESTOP1), que recibe como entradas la señal proveniente del circuito de las setas y la señal para el rearme de las mismas. La entrada ACK_NEC (reconocimiento necesario) permite establecer si es necesaria una señal de ACK (reconocimiento del rearme) para validar el rearme de la cadena de seguridades. También puede configurarse un delay (retraso) a la activación del bloque. La salida del mismo (Q) se guarda en el DB de seguridades. Se instancian 3 bloques para los 3 circuitos de las setas de emergencia, estableciendo como necesario el reconocimiento para el rearme.

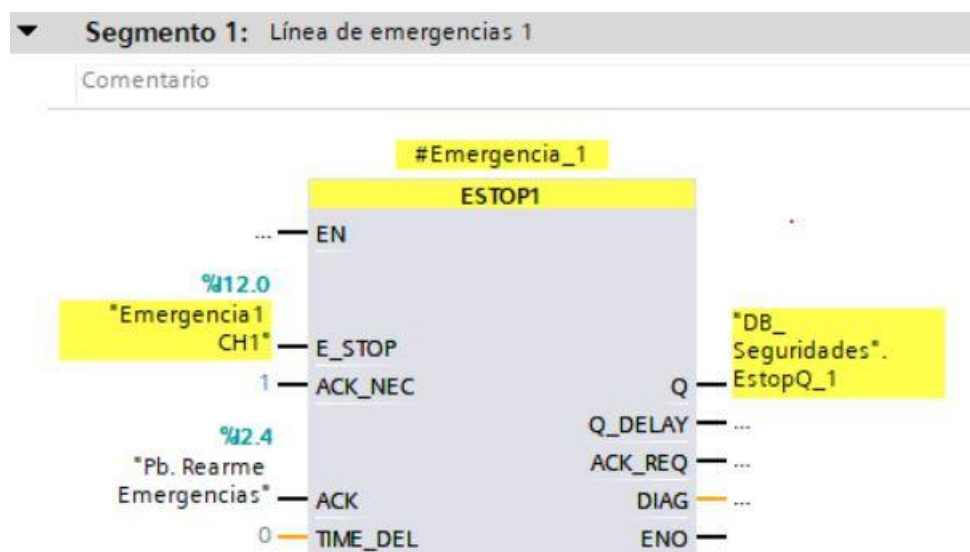


Fig. 47 Gestión de un paro de emergencia

A continuación, las salidas de los 3 bloques se reúnen en un operador lógico AND (las 3 entradas deben estar activas para activar la salida), cuya salida es llevada a su vez a un bloque para la supervisión de las emergencias (feedback), en el cual se lleva a cabo el rearme de la cadena de seguridades. Su salida (Q) se guarda en una variable temporal del FB. Una variable temporal solo existe en el bloque en el que se crea, y su nombre empieza con una almohadilla (#).

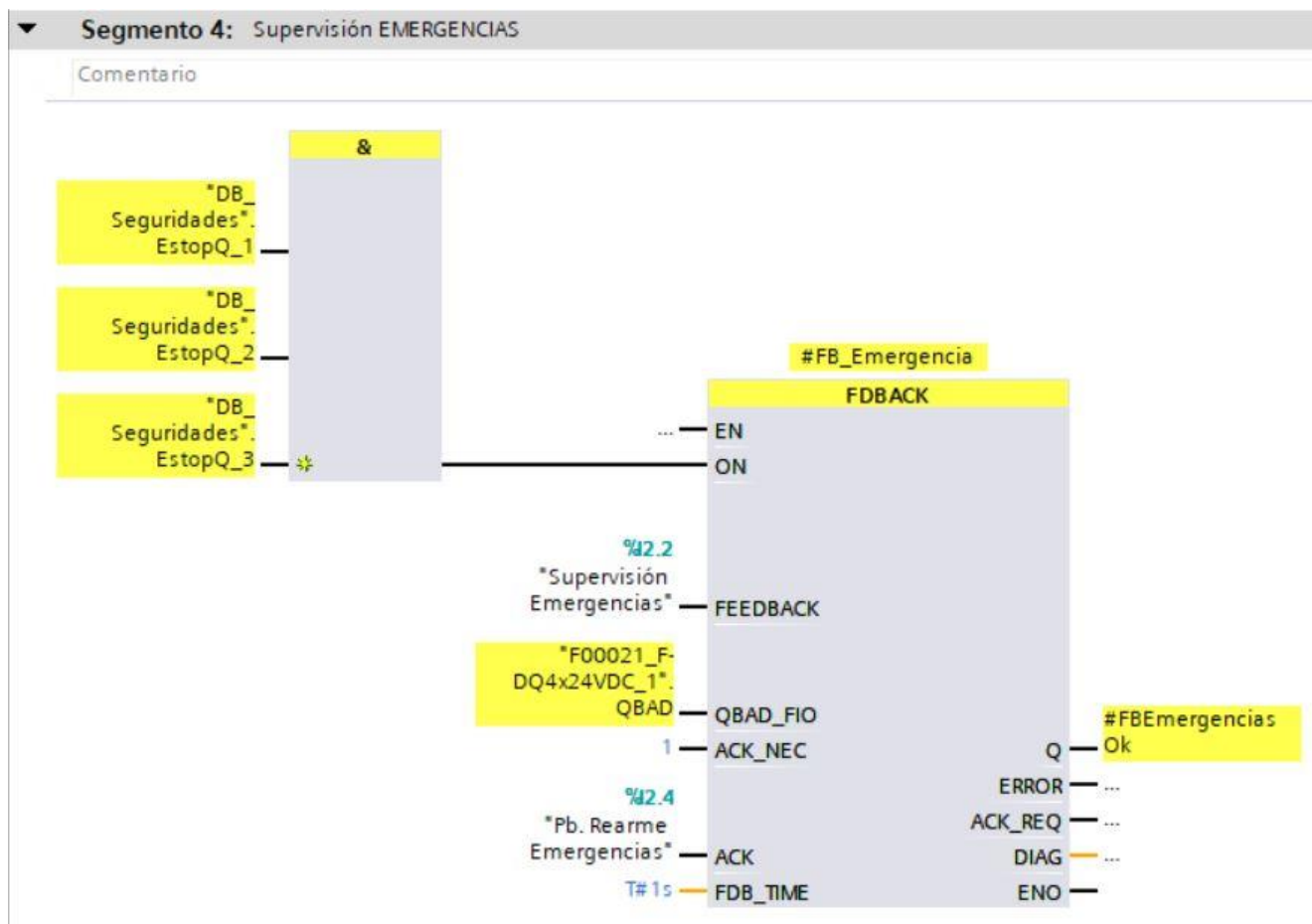


Fig. 48 Supervisión de emergencias

Por último, tanto la salida de este bloque como las 3 salidas de los bloques de gestión de paros de emergencia se reúnen en un AND, a cuya salida se iguala la señal de “Emergencias OK”. Por lo tanto, para que se cumpla la cadena de seguridades no puede haber ninguna seta de emergencia pulsada, y a mayores la cadena de seguridades debe estar rearmada.

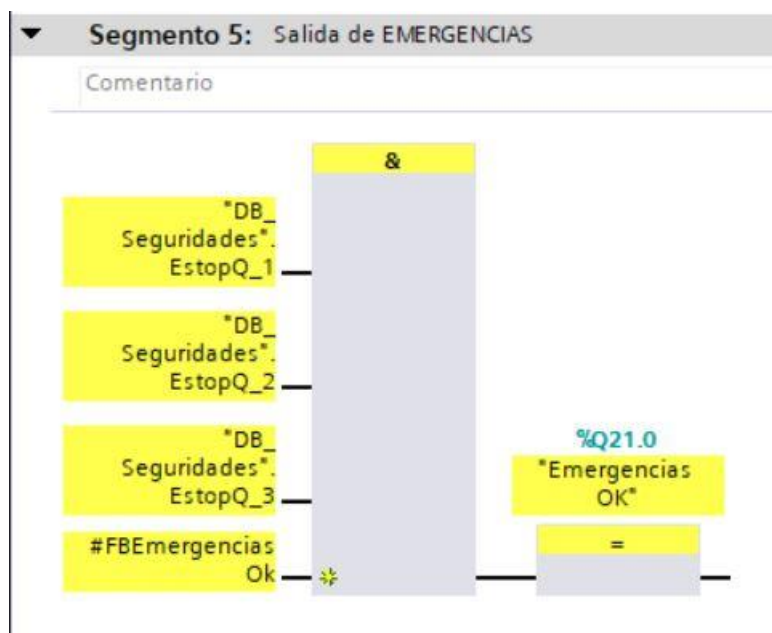


Fig. 49 Salida de emergencias OK

6.1.6.2. Aceptación de errores

El bloque de aceptación de errores ACK_GL (acknowledge global) permite realizar el ACK o reconocimiento de los errores producidos en las seguridades de la celda, pulsando el botón de “rearme emergencias” del panel de control. Este reconocimiento es un paso previo al rearme de la cadena de seguridades.

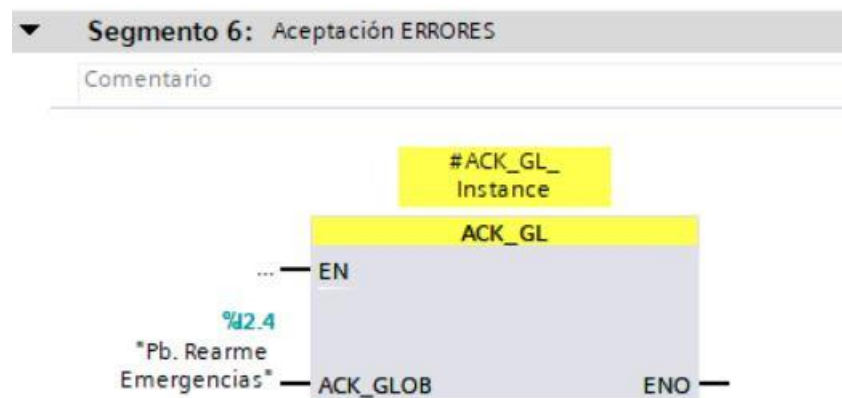


Fig. 50 Aceptación de errores

6.1.6.3. Perímetro de la celda

De la misma forma que se realiza la gestión de la cadena de seguridades con los paros de emergencia, se realiza también la gestión del perímetro de la celda. Para que el robot pueda iniciar el fresado, no solo deben estar rearmadas las emergencias, si no que a mayores debe estar validado el recinto de trabajo del robot. Este recinto se compone por las dos vías de acceso al interior de la celda, la puerta enrollable delantera y la puerta trasera. A mayores, el robot cuenta con una señal de EPS (Electronic Position Switch) que está activa si el robot se encuentra en posición de “home” o reposo. El recinto será seguro si la puerta trasera está cerrada y rearmada y si la delantera está bajada o el robot se encuentra en posición de reposo (EPS activo). Si la puerta delantera está subida y el robot no está en posición de reposo, no habrá perímetro. Se realiza la gestión de los 3 elementos de la misma forma que con los paros de emergencia, guardando la salida de los 3 bloques (Q) en su respectiva variable.

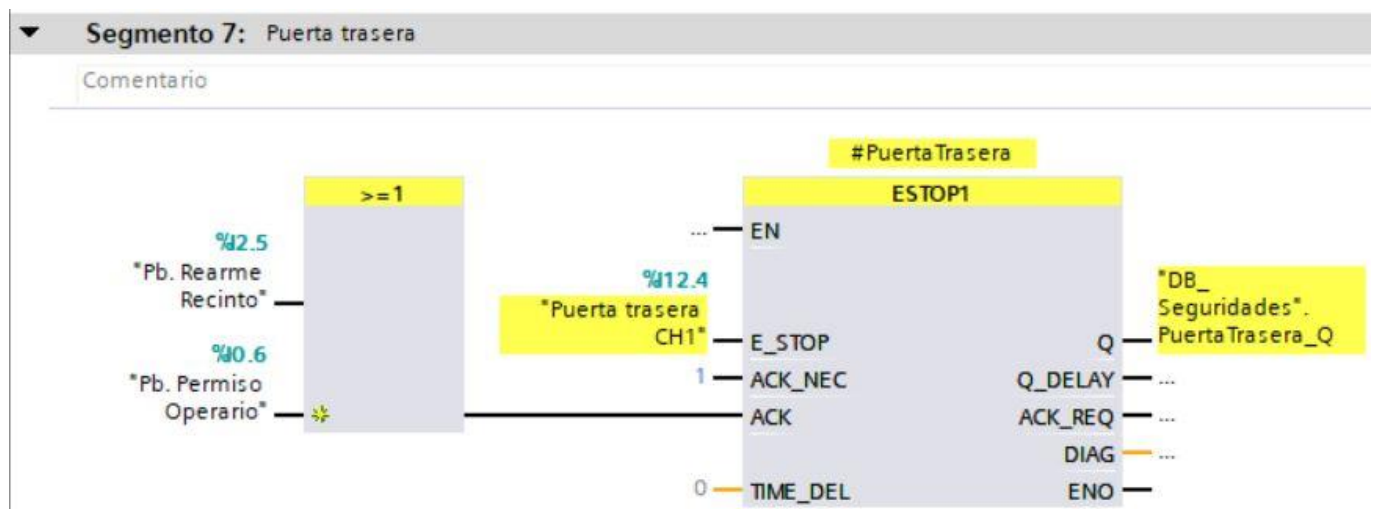


Fig. 51 Gestión puerta trasera

El rearme del recinto se realiza con los botones de “rearme recinto” o “permiso operativo”. Ambas señales se reúnen en un bloque OR, cuya salida será el ACK o reconocimiento de la validación del perímetro. La supervisión del recinto se compondrá por las señales de EPS del robot o puerta enrollable bajada y puerta trasera cerrada.

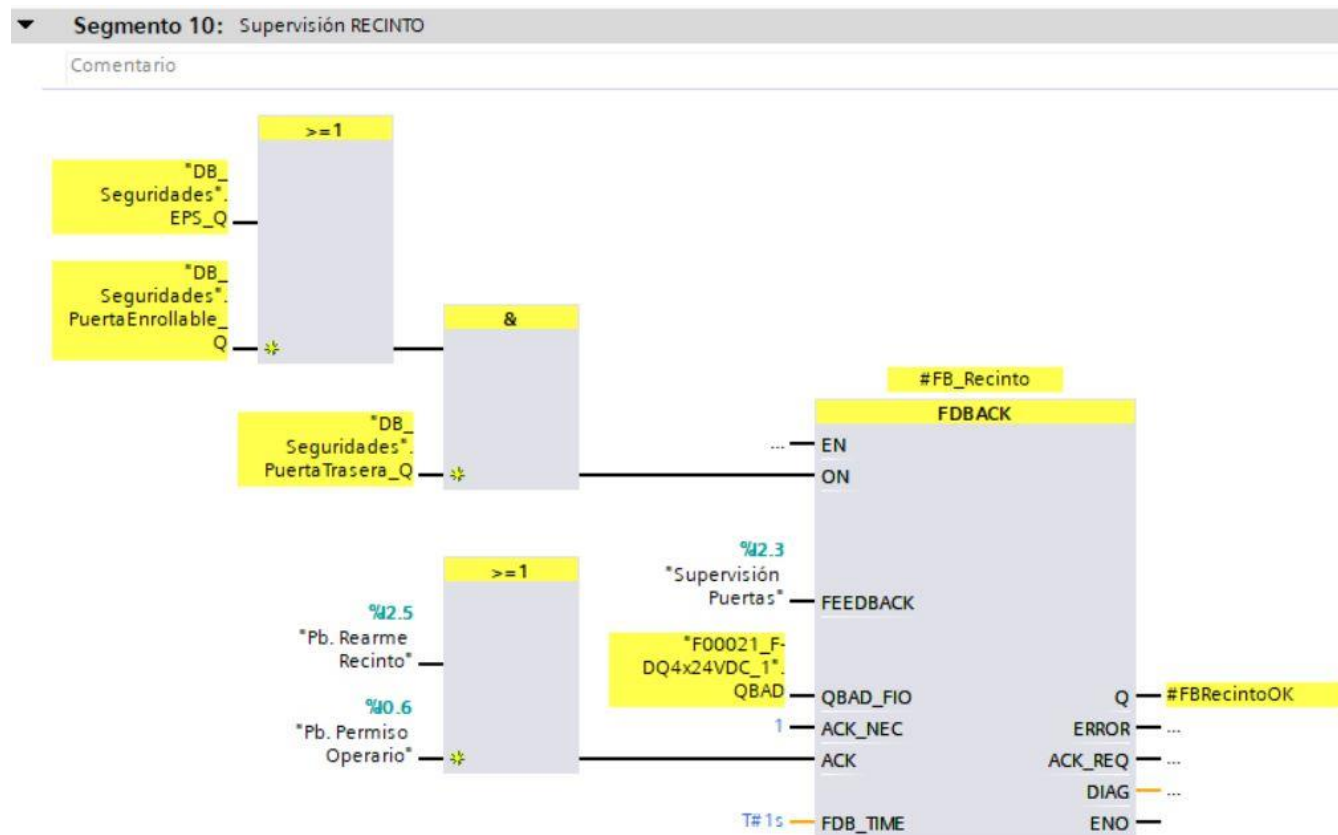


Fig. 52 Supervisión recinto

Por último, la salida “recinto OK” estará activa si el robot se encuentra en posición de reposo o la puerta enrollable está bajada y si la puerta trasera está cerrada y el recinto y las emergencias rearmadas.



Fig. 53 Salida de recinto OK

6.1.6.4. Barrera fotoeléctrica

La gestión de la barrera fotoeléctrica situada detrás de la puerta enrollable, en el interior de la celda, se realiza igual que con los elementos anteriores. Esta barrera será transpasada por el operario al cargar y descargar el parachoques, así como al colocar las piezas auxiliares. Cada vez que es transpasada cae el perímetro de la celda, que deberá de rearmarse antes de que el robot inicie el fresado. La salida “zona barrera OK” estará activa si la barrera no está cortada, si está rearmada (la barrera se rearma con los botones de “rearme perímetro” o “permiso operario”) y si las emergencias están rearmadas.

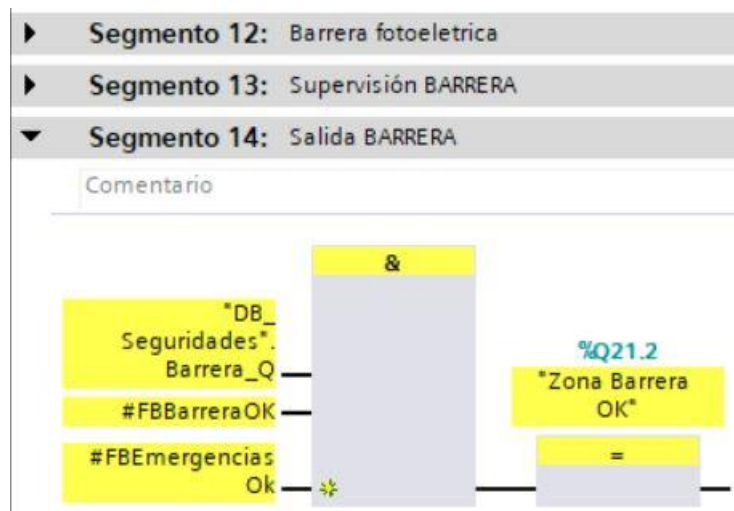


Fig. 54 Salida barrera OK

6.1.6.5. Giro de la mesa

Por último, la supervisión del giro de la mesa cuenta con su propia salida de seguridad, que estará activa si la supervisión del giro está rearmada (ésta depende de que la puerta enrollable esté bajada) y si las emergencias están rearmadas.

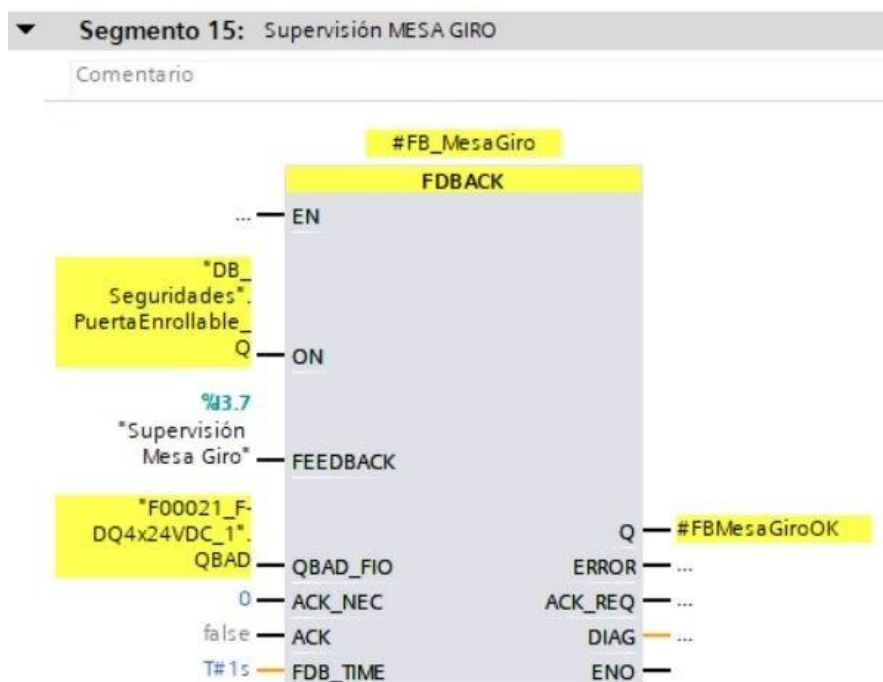


Fig. 55 Supervisión del giro de la mesa



Fig. 56 Salida mesa giro OK

6.1.7. Bloque principal de programa (OB1)

El OB1 es el bloque principal del programa, en el que se ejecuta el ciclo de scan del PLC. En este bloque se llaman (o instancian) todos los bloques FC usados en el programa.

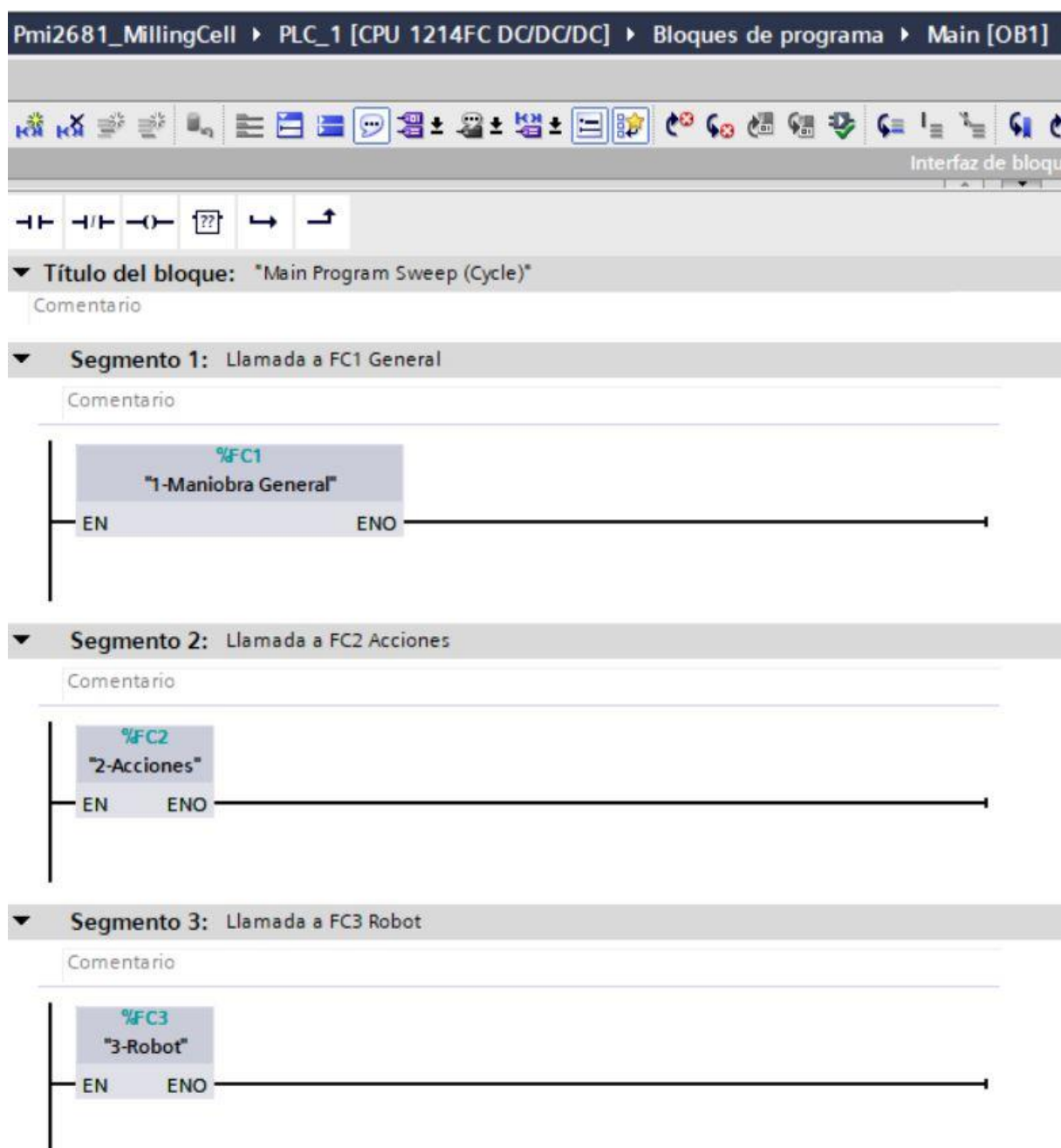


Fig. 57 Bloque principal OB1

6.1.8. Maniobra general (FC1)

En el primer FC, “Maniobra General”, se llevan a cabo acciones generales de la celda, como la selección del modo de trabajo, la validación de las condiciones del ciclo automático o del inicio del fresado, la detección de la pieza en el utillaje o acciones de la puerta enrollable.

6.1.8.1. Selección del modo de trabajo e interrupción del ciclo

En este segmento se activan las marcas de selección los modos manual o automático, en función de la posición del selector de llave del panel de control. También se resetea la marca de “marcha ciclo” cuando se interrumpe el ciclo automático debido a un cambio en la posición del selector, haberse perdido las condiciones del ciclo, haber caído las emergencias o perderse el vacío en las ventosas que sujetan la pieza durante el fresado (el fresado ocurre en los pasos 11 y 12 del ciclo automático).

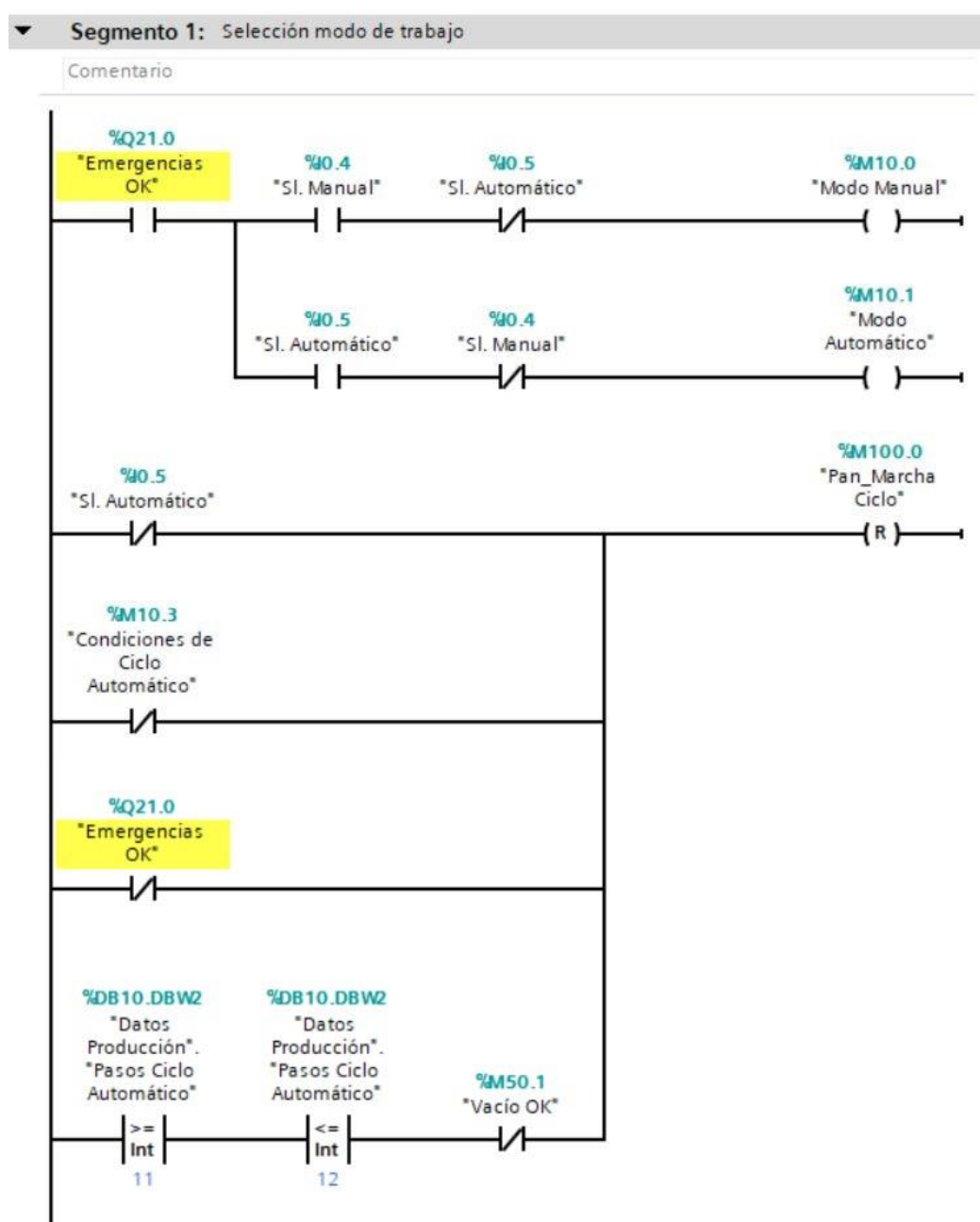


Fig. 58 Selección del modo de trabajo e interrupción del ciclo

6.1.8.2. Condiciones de ciclo automático

En este segmento se reúnen las condiciones necesarias para llevar a cabo el ciclo automático de trabajo. Cuando se cumplen las condiciones, se activa la marca de “condiciones de ciclo automático”. Estas condiciones incluyen el estar seleccionado el modo automático, haber presión suficiente en las tomas de aire de la cabina y de la fresadora, estar operativa la puerta enrollable y estar rearmadas las emergencias. La validación del perímetro será una condición a mayores en función del paso en el que se encuentre el ciclo, ya que en determinados pasos el operario deberá acceder a la zona de trabajo, mientras que en otros el recinto deberá ser seguro para el movimiento del robot o de los elementos utillaje.

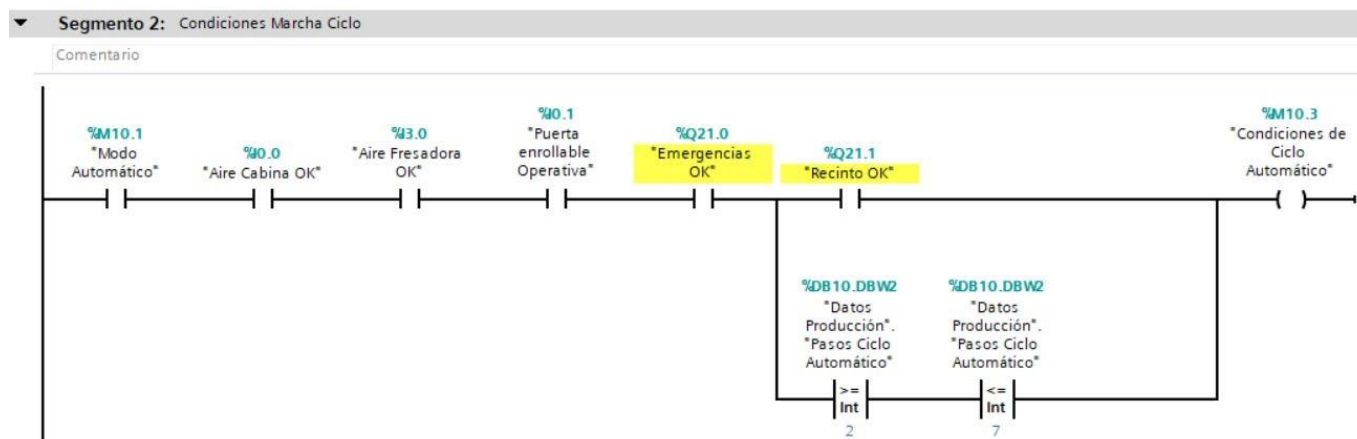


Fig. 59 Condiciones de ciclo automático

6.1.8.3. Ciclo automático en marcha

Si se cumplen las condiciones de ciclo automático, éste podrá iniciarse pulsando el botón de “marcha ciclo” en la pantalla principal. El ciclo se interrumpirá inmediatamente si se pierden las condiciones vistas en los segmentos anteriores.

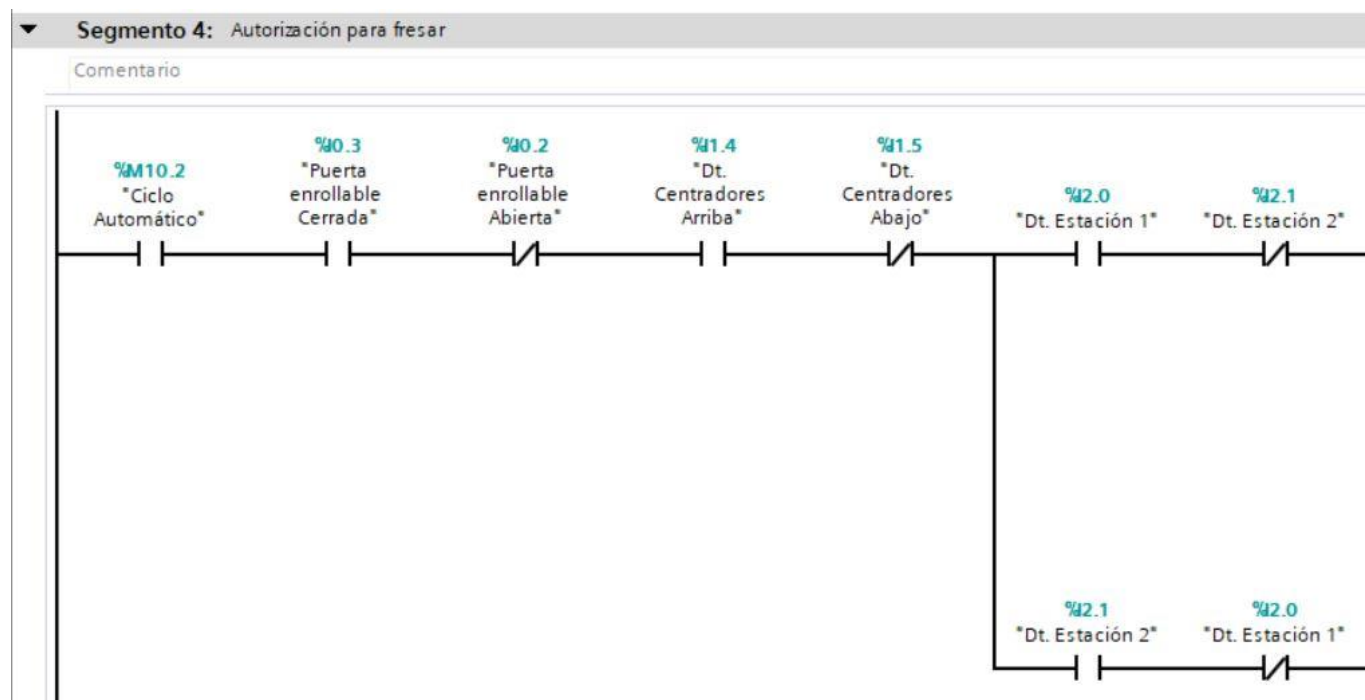


Fig. 60 Ciclo automático en marcha

6.1.8.4. Autorización para fresar

En este segmento se reúnen las condiciones necesarias para autorizar el fresado del parachoques. Para ello, el ciclo automático debe estar en marcha, la puerta enrollable bajada y el centrador del giro de la mesa subido (solo se baja durante el giro de la misma). A mayores, en función de la estación de trabajo actual, el utillaje de la

estación debe estar abierto, las fotocélulas del utillaje deben estar detectando el parachoques (a menos que se haya anulado la detección de alguna de ellas) y el vacío en las ventosas que sujetan la pieza debe estar correcto.



(Continuación)

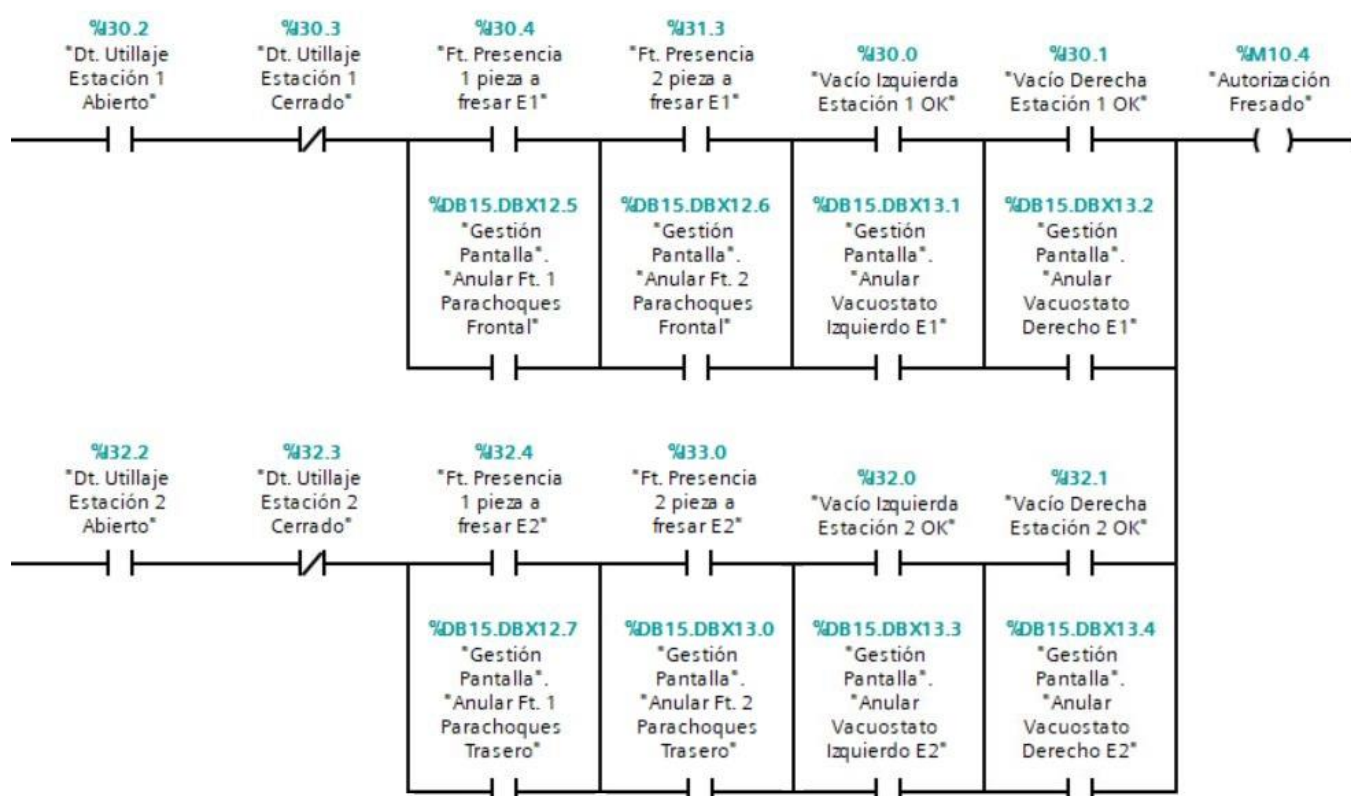


Fig. 61 Condiciones de fresado

6.1.8.5. Estado de la puerta enrollable

En este segmento se envía a la pantalla la información del estado de la puerta enrollable, en función de sus dos detectores de posición (abierta y cerrada). El bloque MOVE permite asignar un valor a una variable, igualando la salida a la entrada. Para la puerta abierta se enviará un código 1 y para la puerta cerrada un código 2. Si no se detecta la puerta en ninguna de las dos posiciones se enviará un código 0. La puerta solo puede estar en este estado durante los escasos segundos que dura su apertura o cierre. De permanecer en este estado más tiempo, será indicación de que hay un fallo en ella.

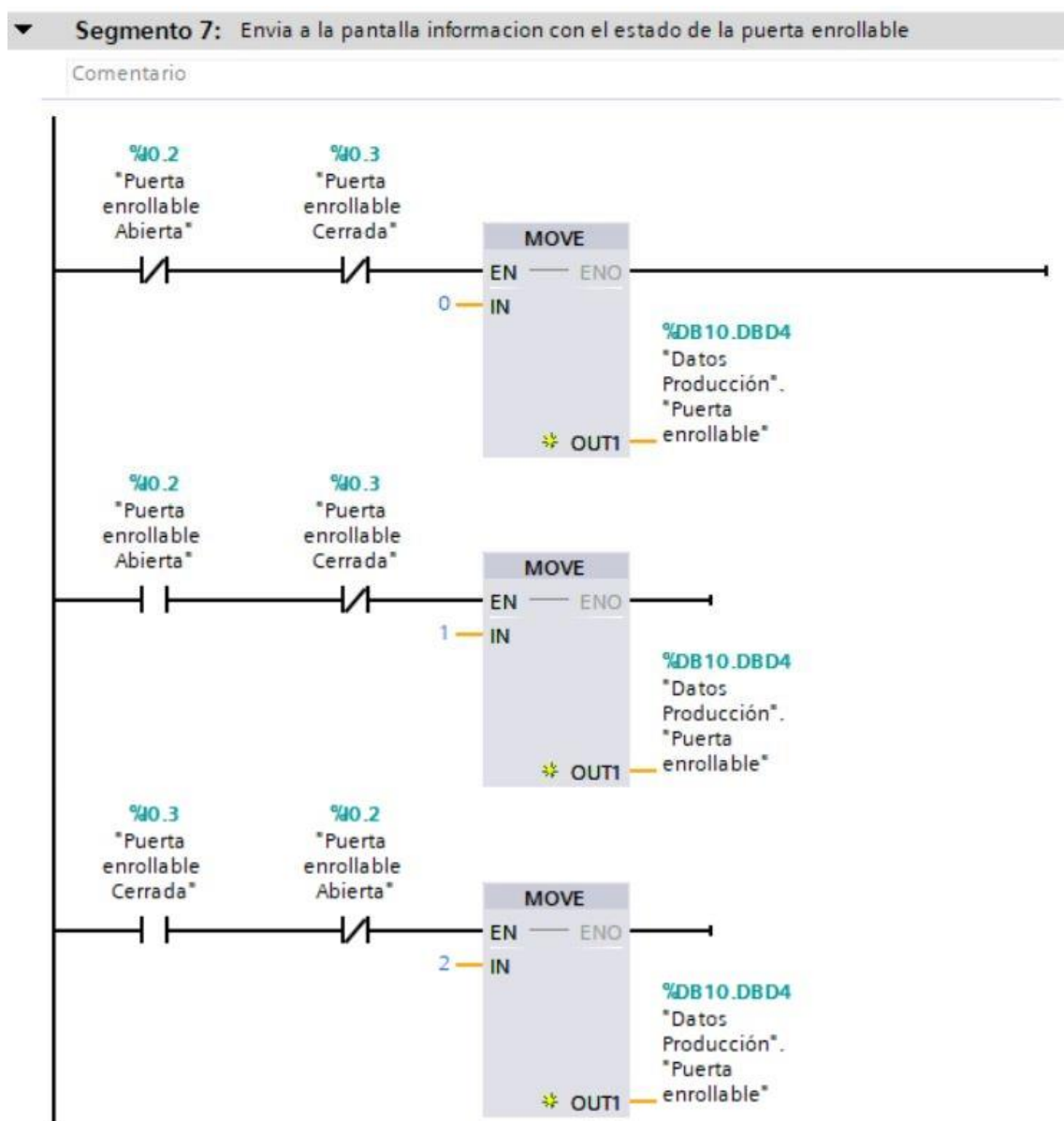


Fig. 62 Estado de la puerta enrollable

6.1.8.6. Detección de pieza colocada

Este segmento reúne las condiciones de detección de un parachoques sobre el utillaje. En función de la estación de trabajo actual, se comprueba la detección de las fotocélulas de la estación, a menos que se haya anulado la lectura de alguna de ellas desde la pantalla de “anular entradas”. La detección deberá de producirse durante al menos 2 segundos para considerarse válida. De esta forma se evita un falso positivo en la detección mientras se coloca la pieza. El bloque TON permite implemetar un retraso a la activación de su salida durante el tiempo especificado.

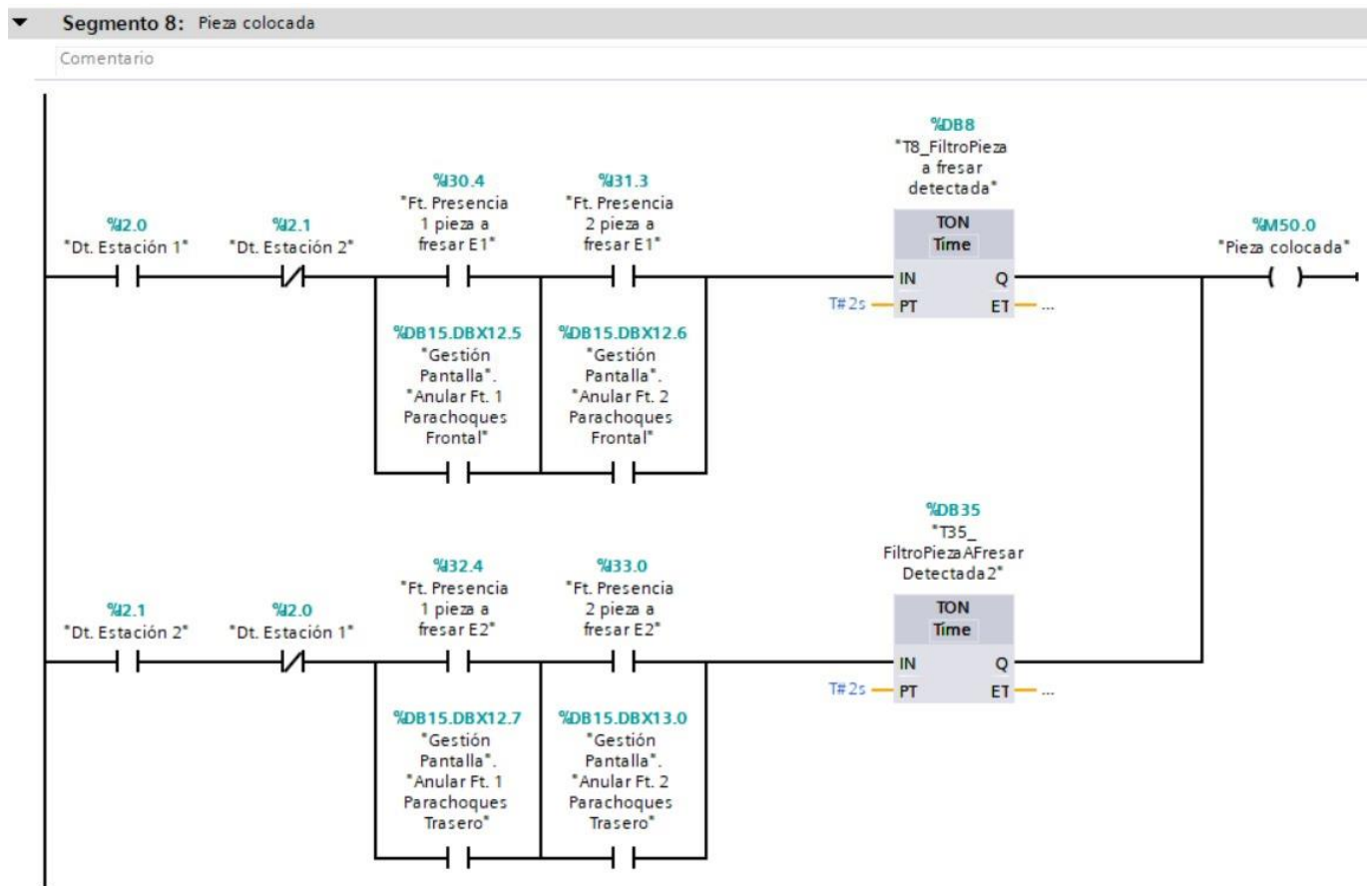


Fig. 63 Detección de pieza colocada

6.1.8.7. Detección de vacío OK

De forma análoga se detecta el estado del vacío de las ventosas. En función de la estación de trabajo, cuando se activan las electroválvulas que controlan las ventosas (una para cada lado del utillaje, dos por estación) se comprueba que el nivel de vacío medido por los presostatos del grupo SMC situado en el utillaje sea el correcto. Cuando se alcanza la presión de vacío predefinida, el presostato activa una salida al PLC indicando que el nivel de vacío es el correcto. Cada una de las cuatro electroválvulas cuenta con su presostato. Igual que con las fotocélulas, la lectura de cada presostato puede anularse, en caso de fallo en algún componente del circuito neumático.

▼ Segmento 10: Vacío OK

Comentario

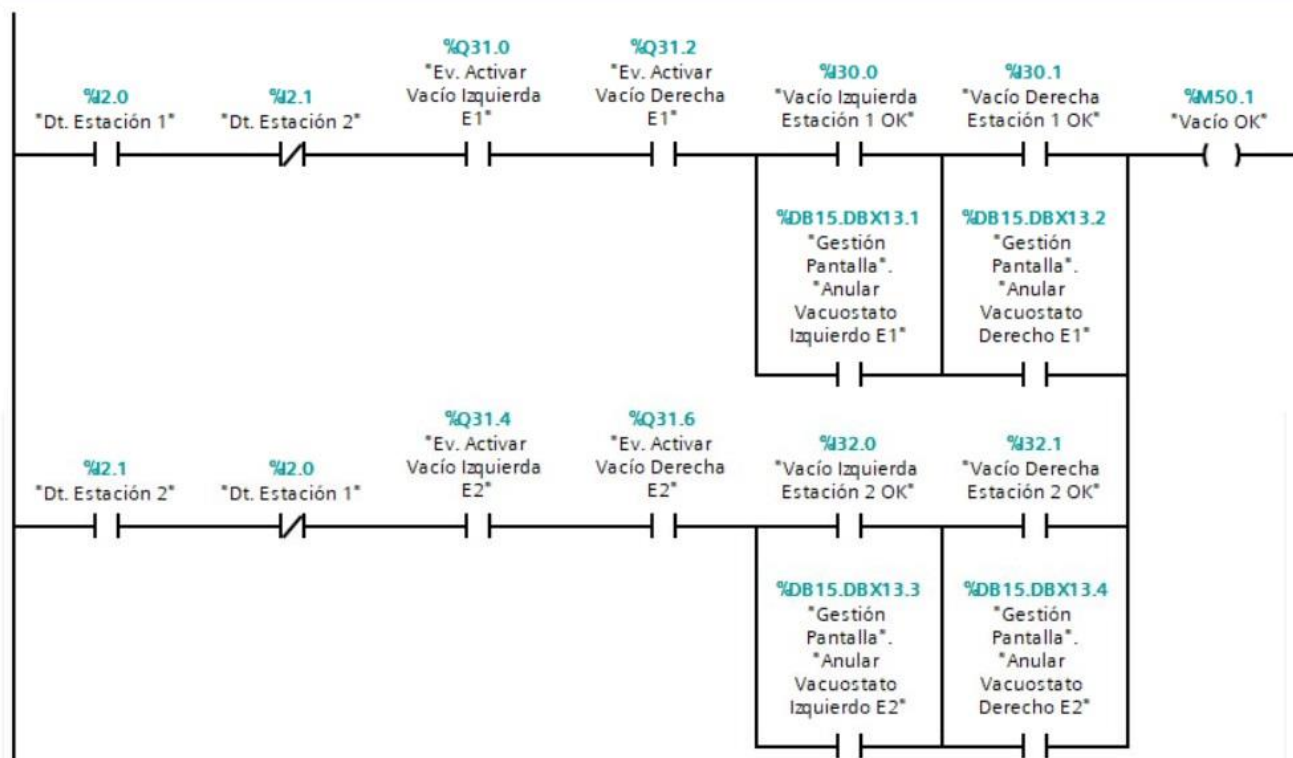


Fig. 64 Detección de vacío OK

6.1.8.8. Modo spare

El modo “spare”, en el que solo se fresa el parachoques sin comprobar su código de barras ni colocar piezas auxiliares tras el fresado, puede seleccionarse hasta el paso 9 del ciclo automático, paso en el que se coloca la pieza en el utillaje antes de iniciarse el fresado. Al pulsar el botón del modo “spare” en la pantalla antes del paso 9 se activará (set) la marca “modo spare”, que permitirá realizar el mismo. Esta marca se desactivará (reset) al finalizar el ciclo o al girar la llave de reset de ciclo en modo manual.

▼ Segmento 12: Modo Spare

Comentario

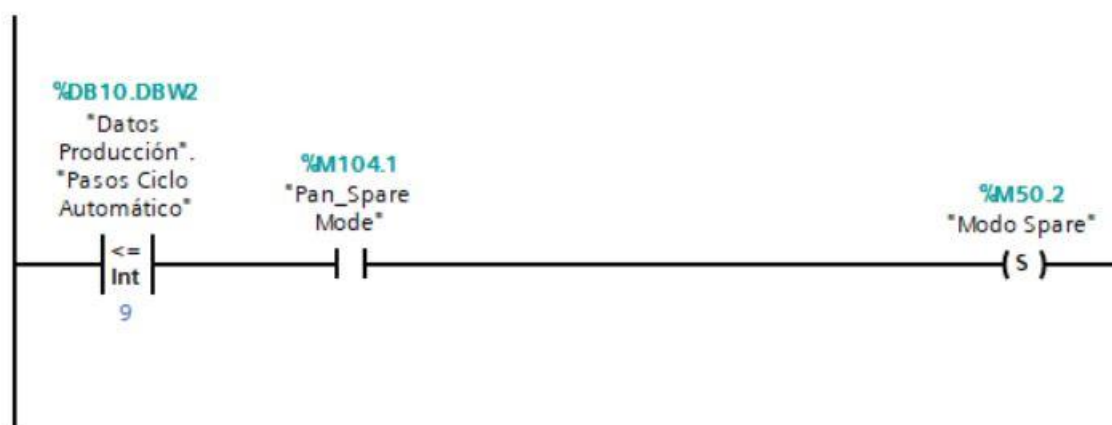


Fig. 65 Selección del modo spare

6.1.8.9. Bajar la puerta enrollable al rearmar el ciclo

En caso de que se interrumpa el ciclo de trabajo (debido a un paro de emergencia o a una pérdida repentina de las condiciones del ciclo) en un paso en el que la puerta enrollable está bajada, ésta subirá automáticamente por seguridad. Para que la puerta vuelva a bajar automáticamente al rearmar el ciclo se emplea el siguiente segmento. En él, un flanco positivo del ciclo automático (un arranque del ciclo) o una pulsación del botón de “permiso operario” activará una marca usada para la bajada de la puerta, si el ciclo se encuentra en un paso en el que ésta deba estar bajada (la puerta está bajada durante el giro de la mesa, la apertura del utillaje y el fresado).

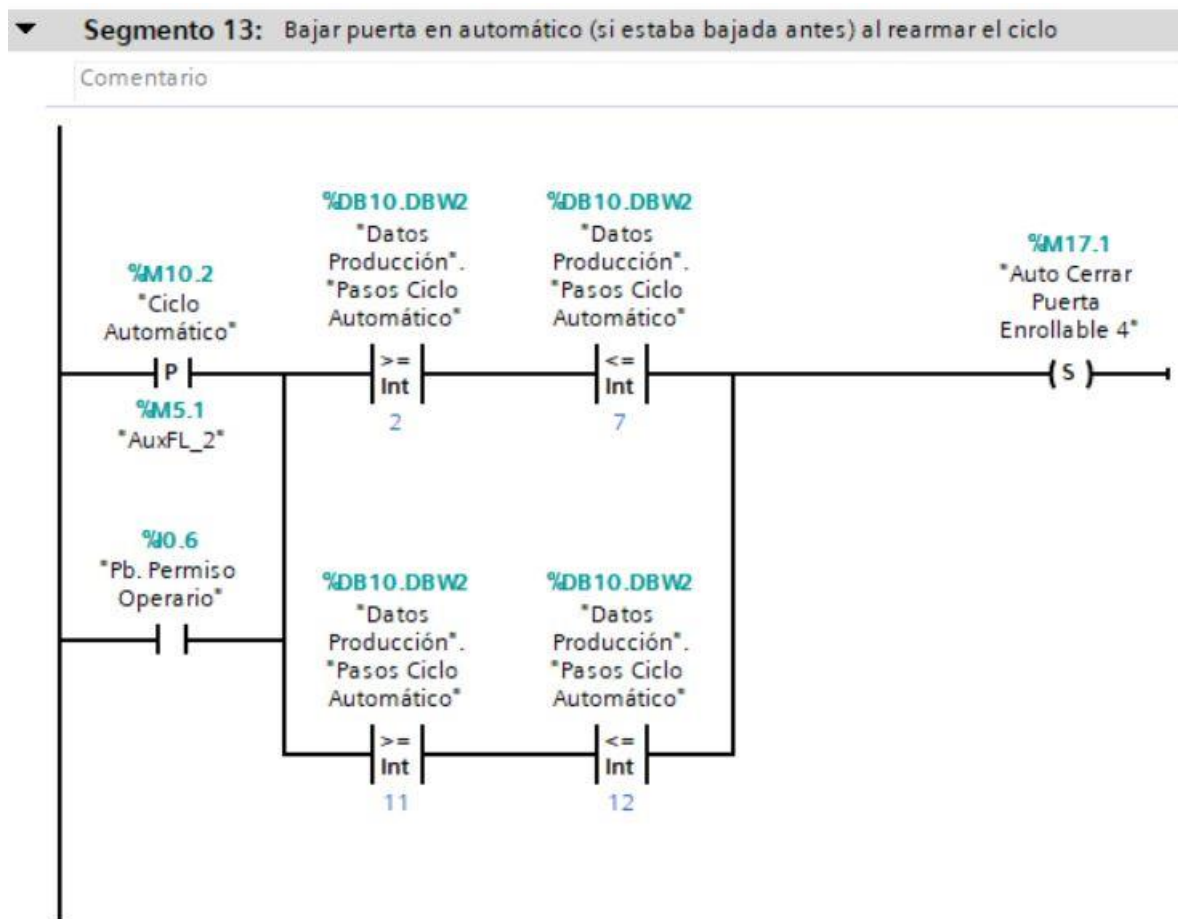


Fig. 66 Bajar puerta enrollable en automático

6.1.8.10. Contador de tiempo de ciclo

En la pantalla principal se encuentra un contador del tiempo de ciclo (en segundos). La cuenta del mismo se realiza utilizando una marca asociada a una señal de reloj del PLC de 1 Hz de frecuencia. Un bloque CTU (contador ascendente) permite incrementar en 1 la variable puesta a su salida cuando se activa su entrada. La entrada PV del bloque es el valor máximo de la cuenta. El reset de la variable que actúa de contador se produce en el último paso del ciclo (paso 28) o al resetear el ciclo con la llave de reset de ciclo. La cuenta no empieza al arrancar el ciclo, si no una vez escaneado el código de barras del parachoques con la pistola lectora de códigos (pasos 0 y 1).

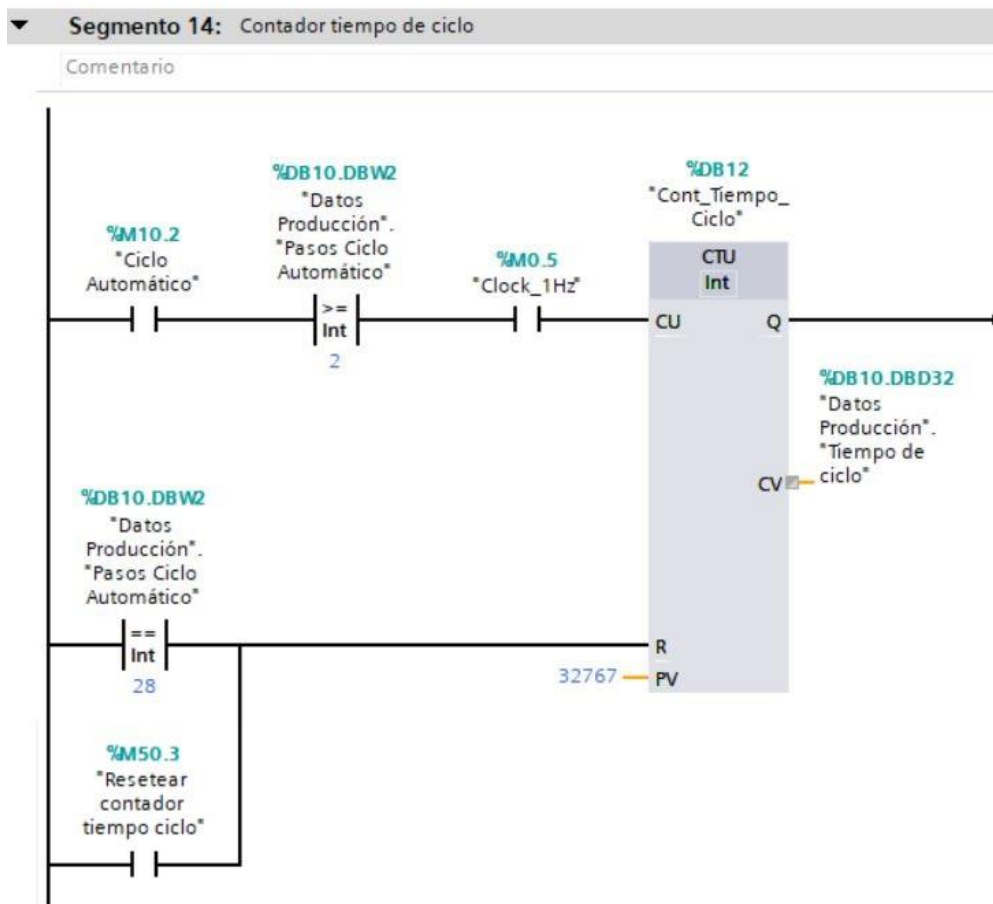


Fig. 67 Contador de tiempo de ciclo

6.1.8.11. Contador de piezas

A mayores del contador de tiempo de ciclo, en la pantalla principal se incluye un contador del número de piezas hechas (que coincide con el número de ciclos). Para ello, se implementa un bloque contador (CTU) que se incrementa cada vez que el ciclo llega al último paso y se resetea con el botón de reset del contador de piezas de la pantalla principal.

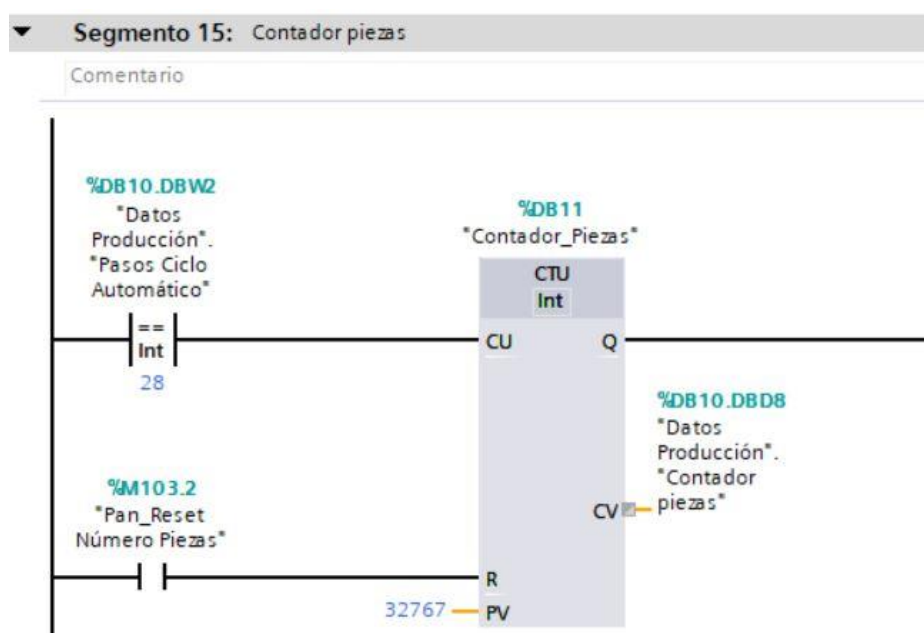


Fig. 68 Contador de piezas

6.1.9. Acciones (FC2)

En el segundo FC, “Acciones”, se llevan a cabo las acciones de movimiento de los distintos elementos de la celda, así como la activación y desactivación de las electroválvulas que actúan los diversos elementos neumáticos.

6.1.9.1. Subir la puerta enrollable

Este segmento reúne las condiciones necesarias para la subida de la puerta enrollable. Con las emergencias rearmadas, la puerta subirá si se pulsa el botón de “subir puerta” en la pantalla de la misma en modo manual, o en modo automático cuando se active la marca creada a tal efecto. Esta marca se activará en diversos momentos del ciclo automático, cuando la puerta deba subir automáticamente. A mayores, una pérdida del vacío en las ventosas durante el fresado (pasos 11 y 12) también provocará la apertura de la puerta, de forma que el operario pueda recolocar el parachoques sobre el utillaje. Para que la puerta suba también es necesario que las dos fotocélulas situadas delante de la misma no estén detectando ningún obstáculo.

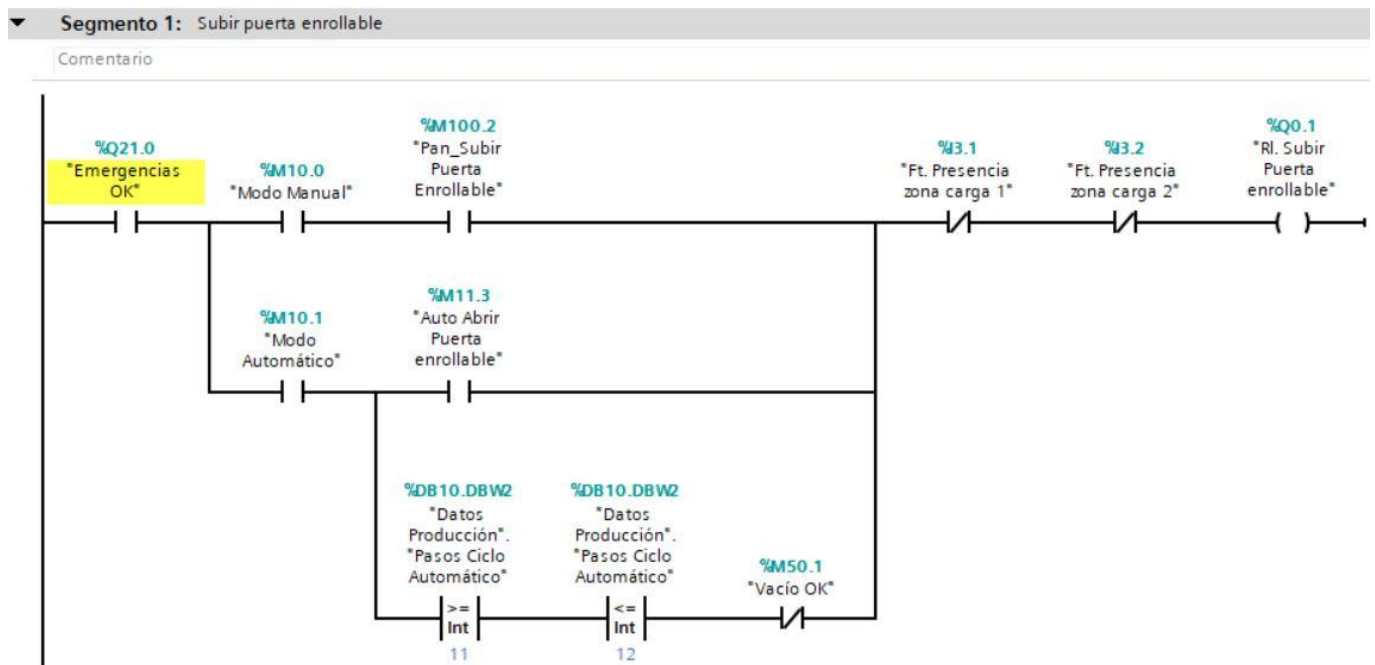


Fig. 69 Subir puerta enrollable

6.1.9.2. Bajar la puerta enrollable

Para la bajada de la puerta enrollable en modo automático es necesario enviarle a la misma un pulso de 0,2 segundos de duración, ya que enviarle un pulso continuo como como para la subida provocará que la puerta interrumpa su bajada y vuelva a subir. Para ello, se crea una marca que actuará de pulso. Dicha marca se activa con cada una de las marcas usadas para bajar la puerta durante el ciclo automático, y se resetea a los 0,2 segundos de su activación. En manual no existe este problema, ya que la pulsación del botón de “bajar puerta” ya constituye un pulso de corta duración. Las condiciones para la bajada de la puerta son similares a las de la subida.

Segmento 2: Bajar puerta enrollable

Comentario

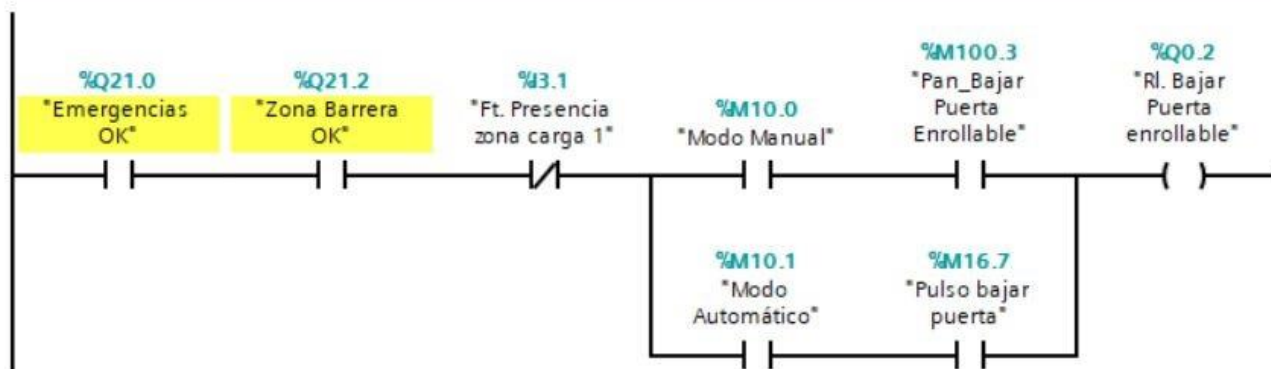


Fig. 70 Bajar puerta enrollable

Segmento 3: Pulso bajar puerta enrollable en automático

Comentario

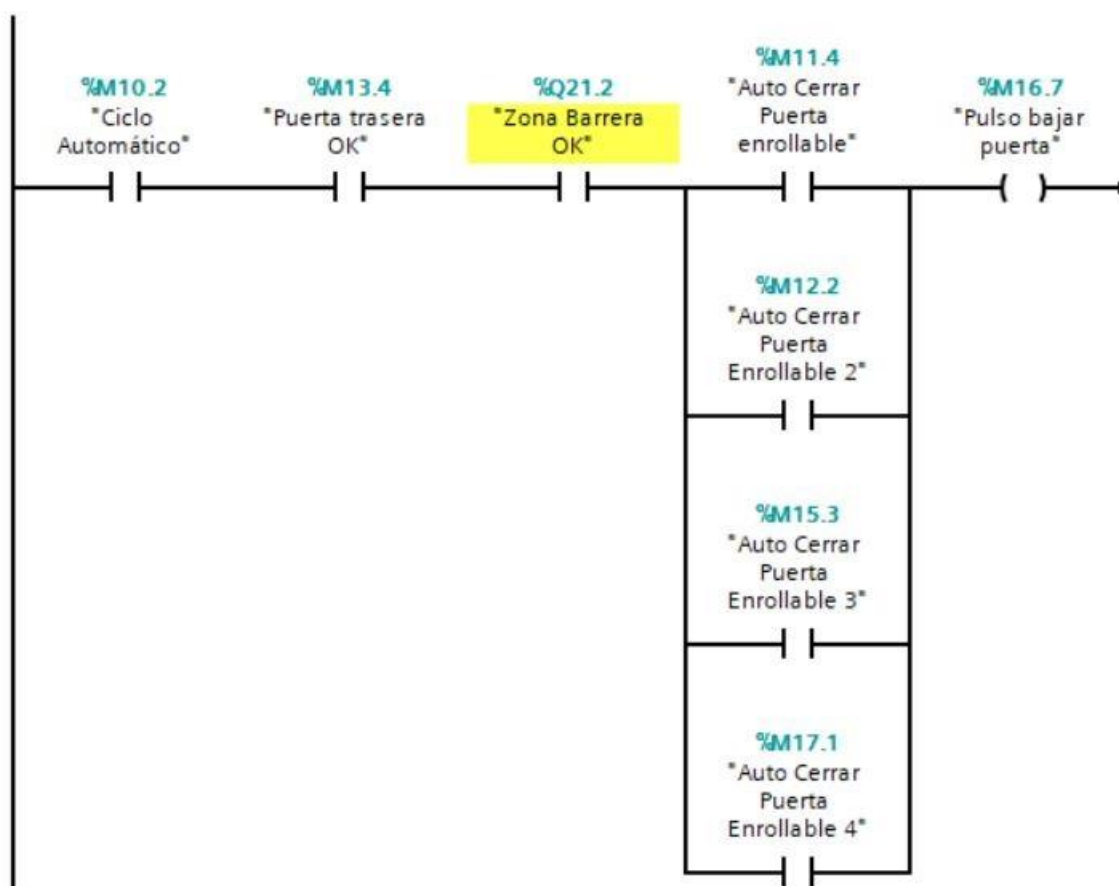


Fig. 71 Pulso bajar puerta en automatico

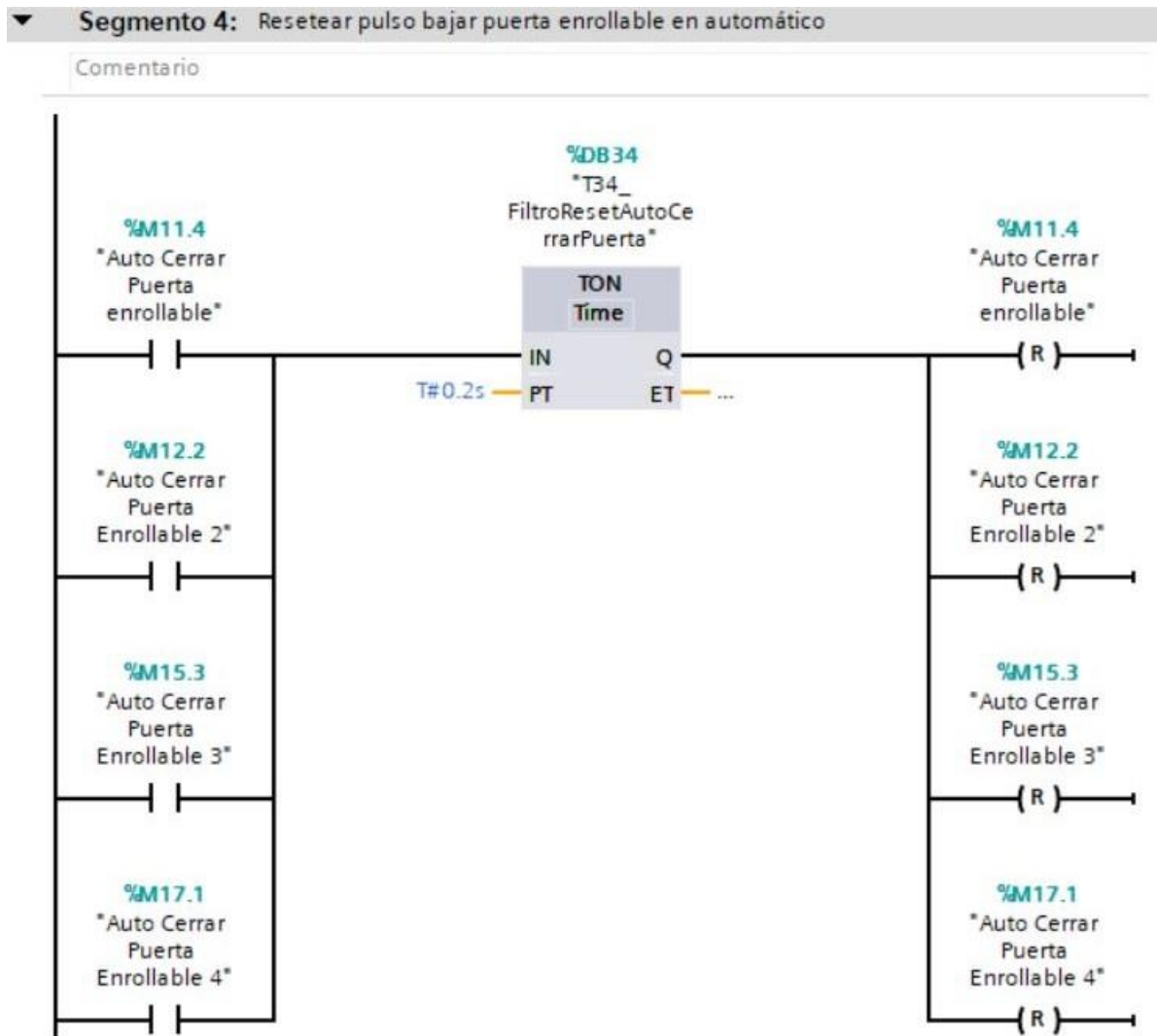


Fig. 72 Reset pulso bajar puerta en automático

6.1.9.3. Subir y bajar el centrador de la mesa

El centrador de la mesa es un pasador metálico que asegura la posición de la misma en las dos estaciones. Este pasador sólo se bajará durante el giro de la mesa y se volverá a subir una vez finalizado. Puede moverse de forma manual desde la pantalla “mesa”. En modo automático, dos marcas servirán para subirlo y bajarlo respectivamente en los pasos del ciclo en que sea necesario.



Fig. 73 Subir centrador

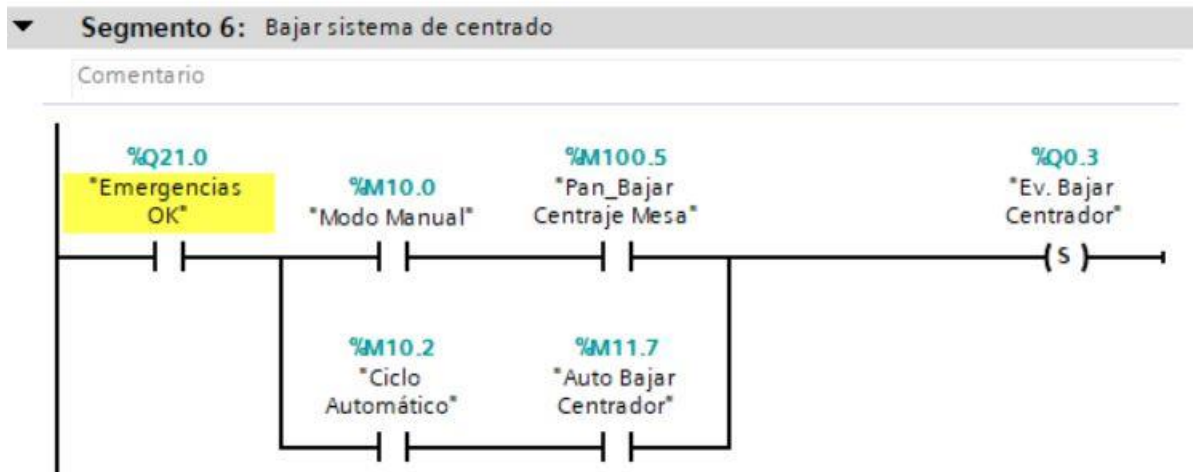


Fig. 74 Bajar centrador

6.1.9.4. Abrir la válvula de mariposa

En la parte superior de la celda se sitúa un conducto para la evacuación de la viruta producida durante el fresado. Este conducto cuenta con una compuerta normalmente cerrada que se abre por medio de una válvula de mariposa accionada eléctricamente. La salida del PLC se conecta a un relé, que a su vez actúa la válvula. Cuando no se actúa la válvula, la compuerta permanecerá cerrada. Esta válvula será actuada cuando se active su respectiva marca durante el ciclo automático, en los pasos que dura el fresado de la pieza.



Fig. 75 Apertura de la válvula de mariposa

6.1.9.5. Resetear y desbloquear la puerta trasera

La puerta trasera cuenta con un cerrojo electrónico que puede resetearse desde la pantalla “puerta trasera” en caso de fallo en el mismo. La orden de desbloqueo del cerrojo se realiza también aquí, aunque la marca que lo desbloquea se activa el FC de la puerta trasera (FC5). Cuando no se actúa el cerrojo, éste permanecerá bloqueado.



Fig. 76 Reseteo y desbloqueo de la puerta trasera

6.1.9.6. Activar el aire de la celda

Siempre que las emergencias estén rearmadas, las electroválvulas que admiten el paso de aire a la cabina y al grupo neumático SMC permanecerán activas. En caso de emergencia, el paso de aire se corta por seguridad.

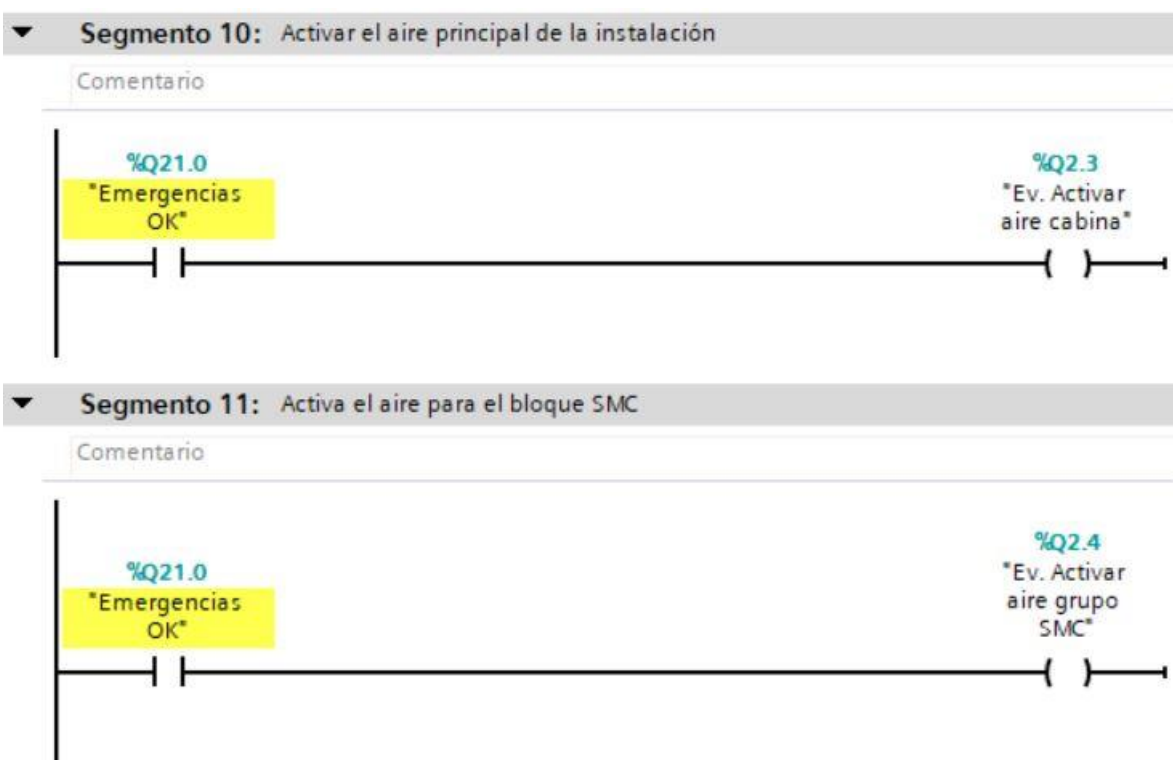


Fig. 77 Activación del aire de la celda

6.1.9.7. Sopladores e ionizador de las brocas

Cuando una broca se encuentre activa, su soplador estará activo igualmente, para eliminar la viruta de la zona del corte. La broca grande cuenta a mayores con un ionizador en su soplador, que ioniza el aire que sale por el mismo, de forma que se elimine la electricidad estática de las partículas de la viruta y ésta no se quede adherida al parachoques. Las condiciones de activación de estos elementos consisten en estar las emergencias rearmadas y estar cerradas las puertas delantera y trasera de la celda.

Las señales de activación del ionizador y de los sopladores las brocas provienen del robot (salidas digitales del robot Do56, Do57 y Do51), pero es el PLC quien activa el equipo ionizador y las electroválvulas que ponen en funcionamiento los sopladores, si se cumplen las condiciones. Por lo tanto, las órdenes de activación de estos elementos se inician en el programa del robot, pero es el PLC el que permite su ejecución, como elemento de control de las seguridades de toda la celda. Lo mismo ocurre para la activación de las brocas.

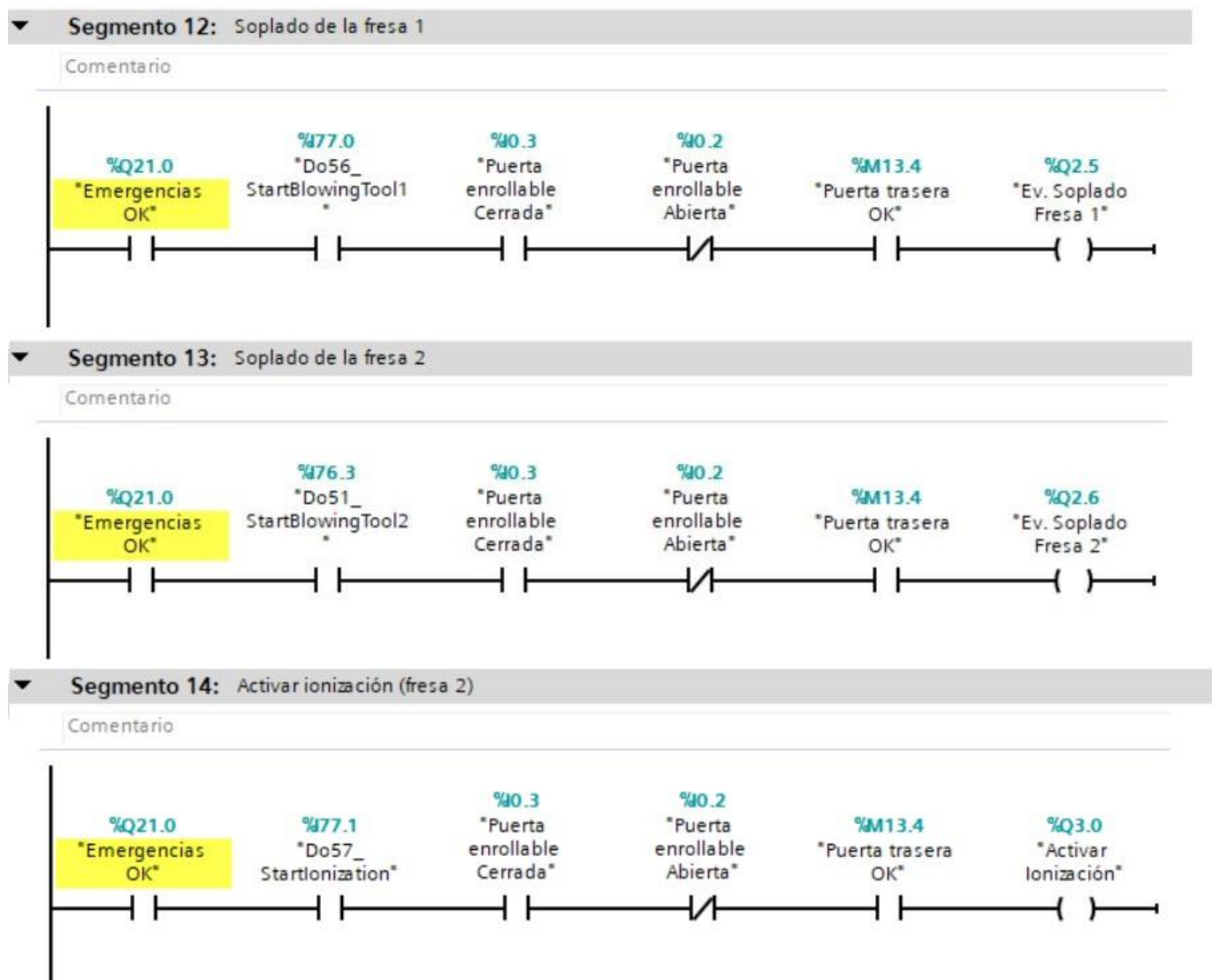


Fig. 78 Sopladores e ionizador de las brocas

6.1.9.8. Activar y desactivar la aspiración manual

En el interior de la celda, en la parte trasera, se encuentran dos tomas de aire a las que se les puede conectar una manguera para realizar la aspiración manual de la viruta. Esta aspiración se activa y desactiva con los botones de marcha y paro de la aspiración, situados en la botonera del interior de la celda. Cada uno activa y desactiva respectivamente la electroválvula de la aspiración manual.

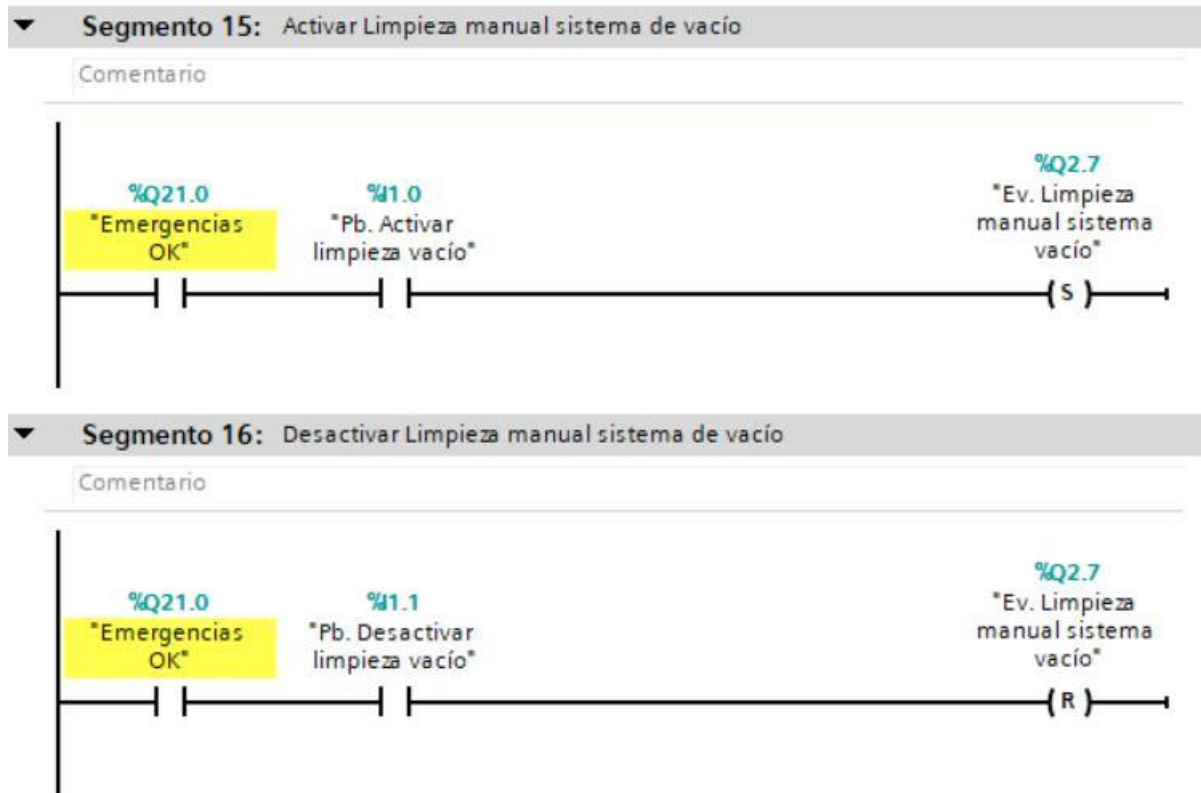


Fig. 79 Aspiración manual de la celda

6.1.9.9. Encoger y agrandar el utillaje

El utillaje cuenta con dos partes móviles en cada estación, una a cada lado, que se retraen para facilitar la descarga del parachoques una vez finalizado el ciclo. Durante el resto del proceso, estas partes móviles permanecen en la posición de agrandado. Para poder moverlas, la puerta enrollable debe estar bajada y las emergencias y barrera fotoeléctrica rearmadas. En manual se mueven desde la pantalla "utillaje", mientras que en automático se usan dos marcas para encoger y agrandar el utillaje respectivamente. Una electroválvula realiza cada uno de los dos movimientos. Cuando se realiza un movimiento, se activa su respectiva electroválvula y se desactiva la contraria.

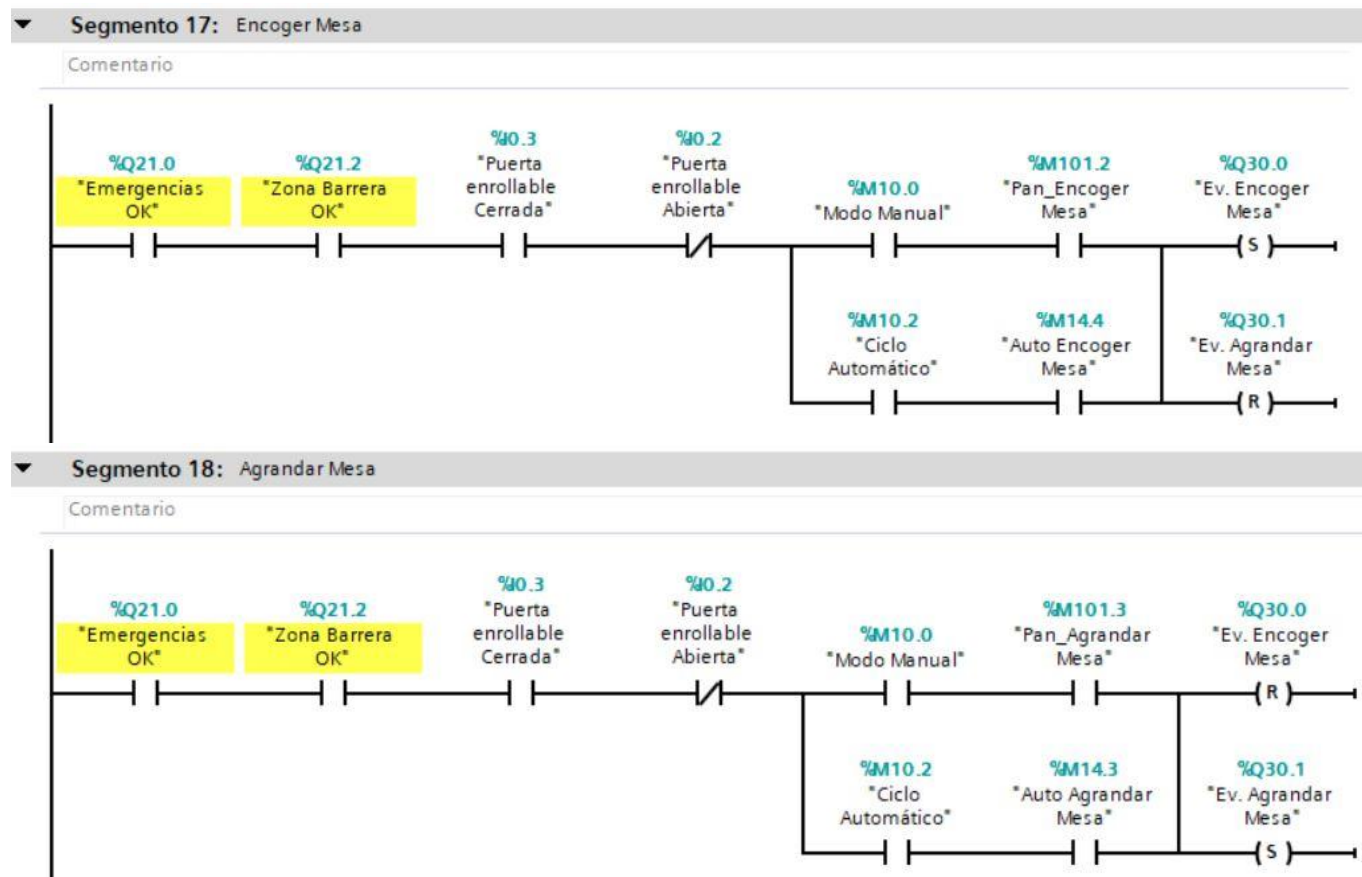


Fig. 80 Encoger y agrandar el utillaje

6.1.9.10. Activar y desactivar el soplado de las fotocélulas

Las fotocélulas del utillaje, usadas para detectar el parachoques y las diversas piezas auxiliares, cuentan con sopladores que las mantienen libres de viruta. El soplado de las mismas puede activarse y desactivarse de forma manual en la pantalla “utillaje”, y se realiza automáticamente su activación y desactivación en los pasos del ciclo en los que deban estar detectando. Con la puerta enrollable subida, la barrera debe estar rearmada para actuar los sopladores, mientras que con la puerta cerrada debe estar rearmado el perímetro. Resetear el ciclo también provoca la desactivación del soplado.

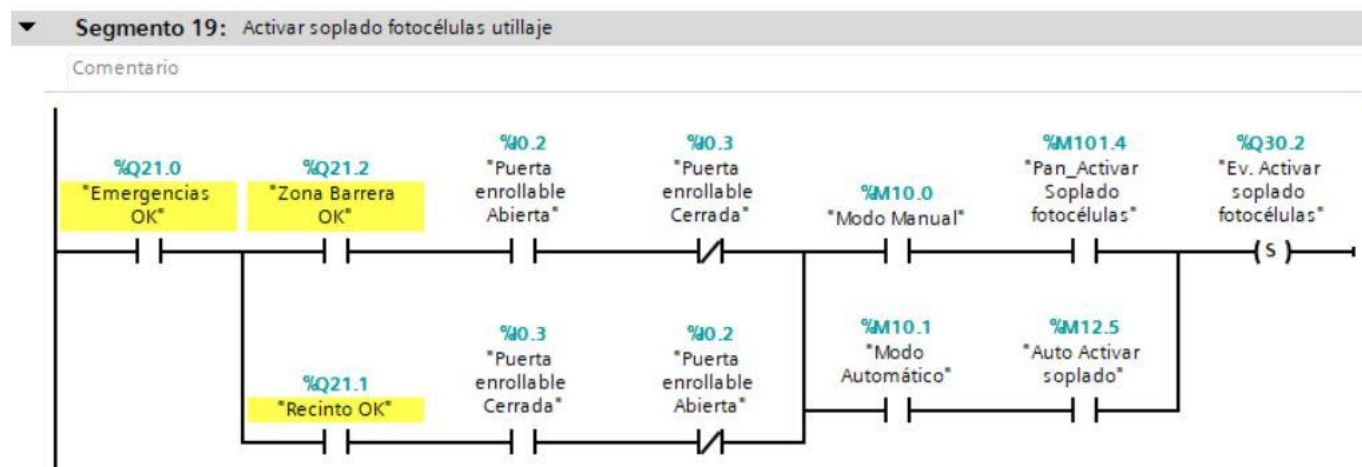


Fig. 81 Activar el soplado de las fotocélulas

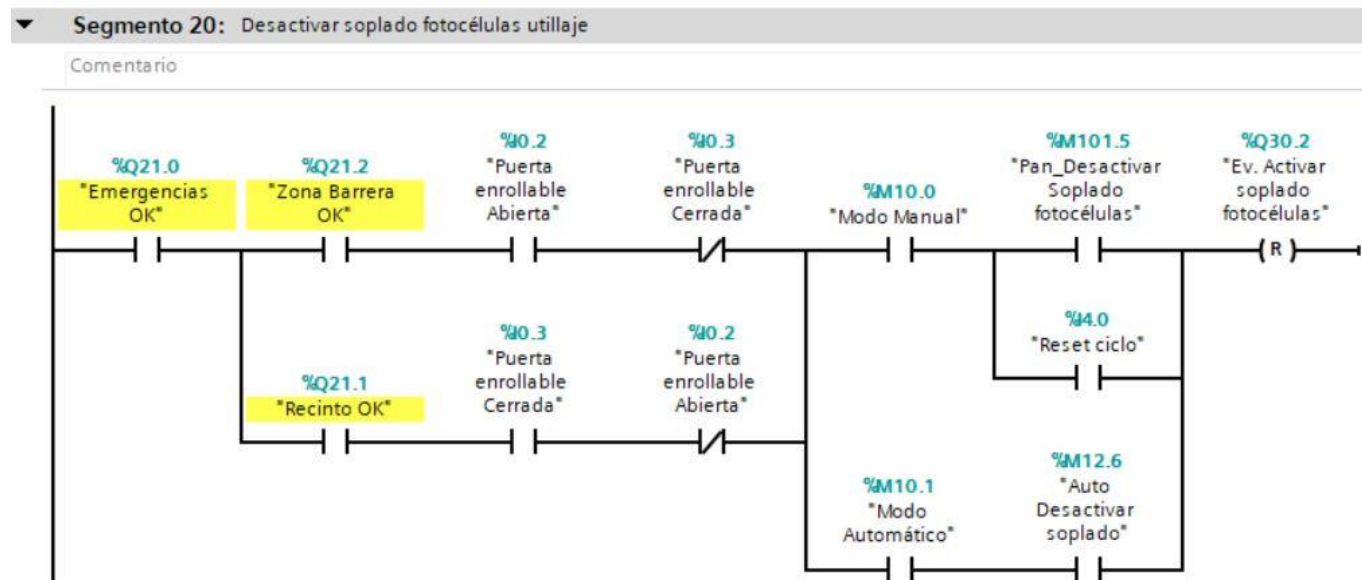


Fig. 82 Desactivar el soplado de las fotocélulas

6.1.9.11. Activar y desactivar el vacío de las ventosas

Las ventosas que sujetan el parachoques durante el fresado pueden activarse y desactivarse de forma manual desde la pantalla "utillaje" o usando un pedal situado en la parte frontal de la celda. Durante el ciclo, las ventosas de la estación actual se activarán automáticamente una vez que las fotocélulas hayan detectado el parachoques (paso 9) y se desactivarán al final del ciclo. Pueden actuarse de forma independiente los 4 grupos de ventosas (2 por estación, uno para cada lado del utillaje). Pulsar el pedal activará al momento las ventosas de la estación actual, mientras que para desactivarlas habrá que mantenerlo pulsado 2 segundos. Para esto se usa un filtro (TON) de 2 segundos a la desactivación. Los 4 grupos de ventosas se activan y desactivan de la misma forma.

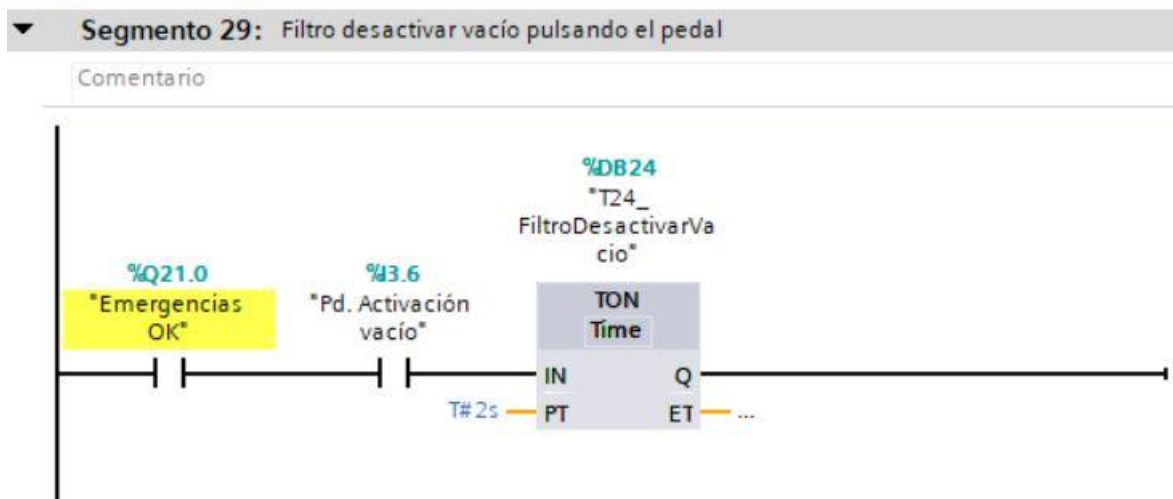


Fig. 83 Filtro para desactivar las ventosas con el pedal

Segmento 21: Activar vacío lado izquierdo Estación 1

Comentario

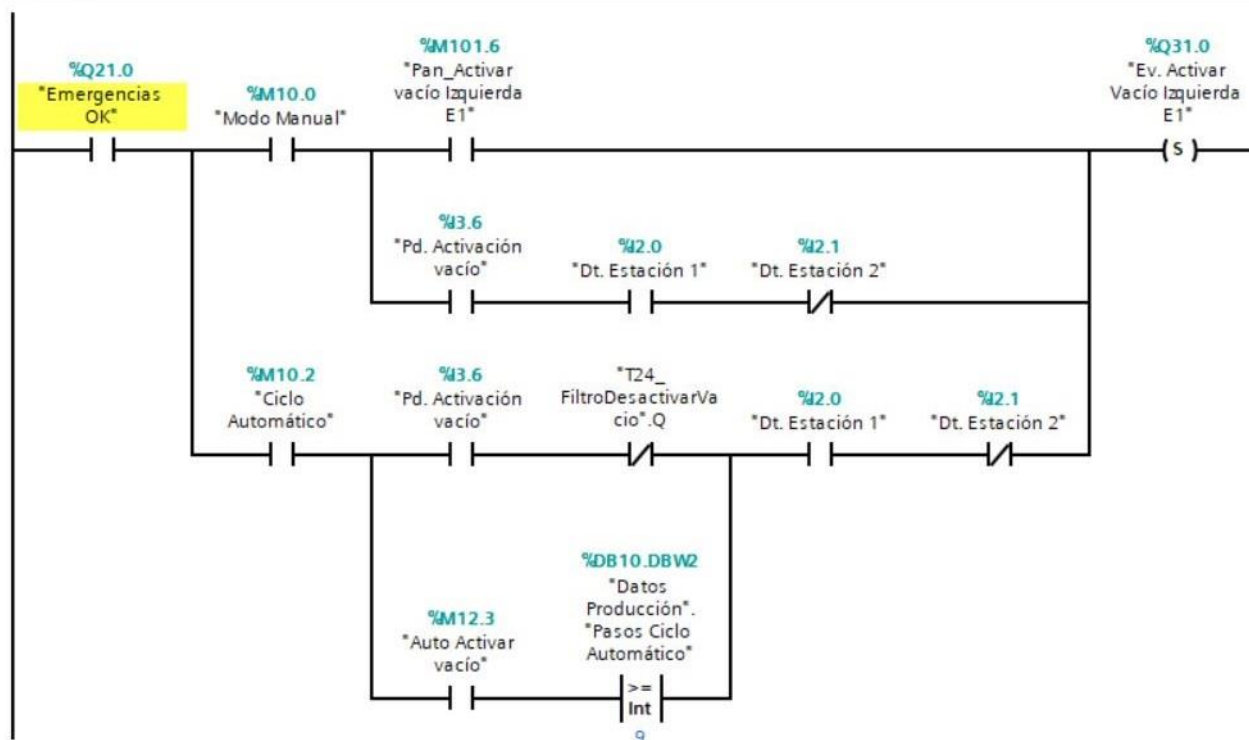


Fig. 84 Activar las ventosas del utillaje

Segmento 22: Desactivar vacío lado izquierdo Estación 1

Comentario

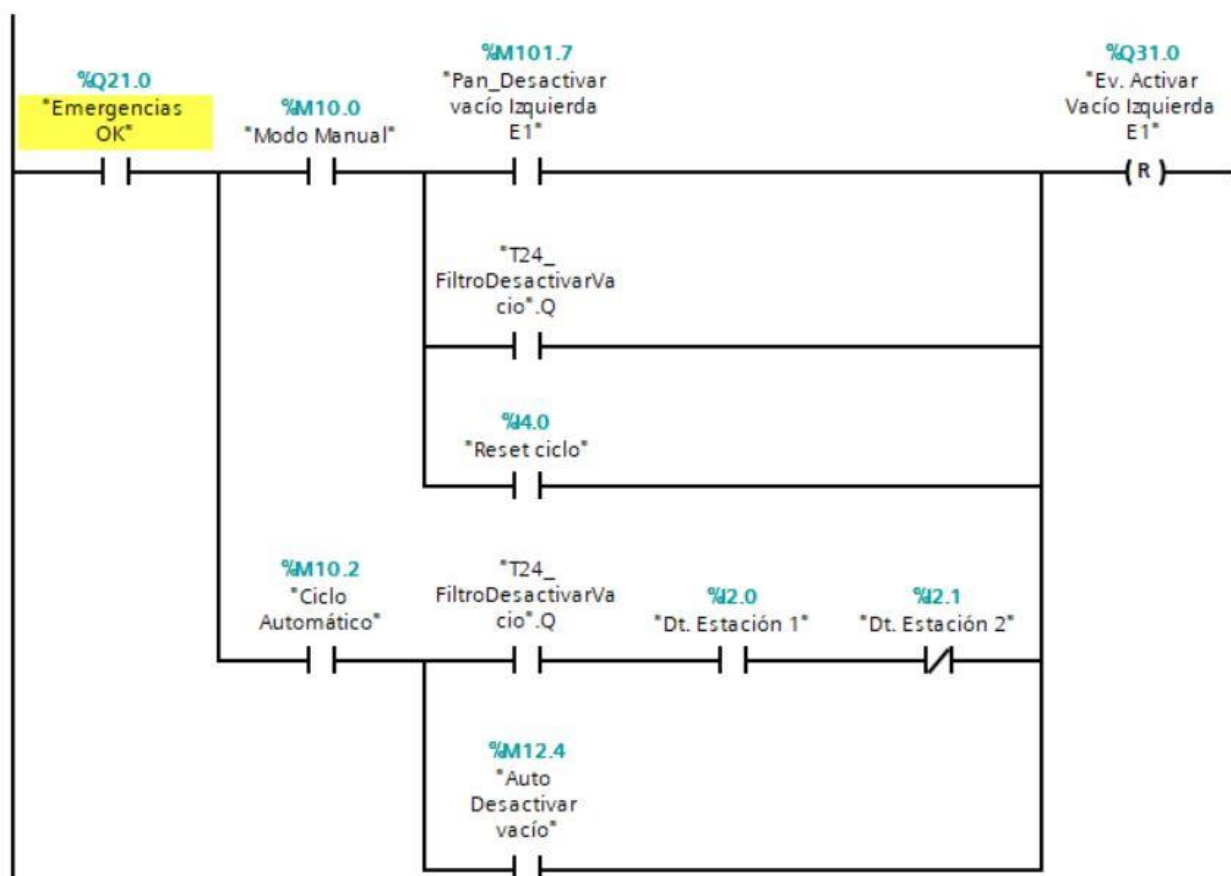


Fig. 85 Desactivar las ventosas del utillaje

6.1.10. Robot (FC3)

En el tercer FC, “Robot”, se lleva a cabo el envío de las órdenes del PLC al robot para que éste realice diversas acciones. También se lleva a cabo la activación de las brocas y la gestión por pantalla del mantenimiento del robot y de la comprobación del estado de las brocas.

6.1.10.1. *Marcha del robot*

Siempre que la celda se encuentre en ciclo automático, el robot estará en marcha (los motores de sus ejes encendidos, listos para mover el robot). Cuando se interrumpa el ciclo, el robot se parará, y será necesario volverlo a poner en marcha al reanunciar el ciclo. También habrá que arrancarlo cuando se inicia el ciclo por primera vez.

Para poner en marcha el robot habrá que tener en cuenta si éste se encuentra en posición de reposo (cualquier paso del ciclo menos el 11 y el 12) o en medio del proceso de fresado (en caso de que se haya interrumpido el ciclo durante el mismo). En caso de hallarse en reposo, el robot se arrancará con un flanco positivo (P) de la marca de ciclo automático (un arranque de ciclo). Si el robot se encuentra en medio del fresado, se usará como condición la marca de ciclo automático (ciclo arrancado) y un flanco positivo de la detección de la bajada de la puerta (al reanunciar el ciclo la puerta baja automáticamente, y el robot no se pondrá en marcha hasta que ésta halla bajado). También se puede arrancar el robot desde el botón de “marcha robot” de la pantalla principal. En cualquiera de los dos casos, el robot debe de encontrarse en modo automático para poder arrancarlo (señal “Do17_RobotInAuto” que envía el robot al PLC).

Al arrancar el robot, la broca debe de activarse antes de que el robot se empieza a mover. Esto es debido a que la broca necesita 1 o 2 segundos para su activación, hasta alcanzar las revoluciones necesarias para realizar el corte de la pieza. Se comprobó durante el montaje de la máquina que al reanunciar simultáneamente broca y robot en medio del fresado, el robot no le daba tiempo a la broca a coger las revoluciones necesarias para fresar el parachoques, quedándose la broca trabada en el mismo. Para evitar este problema, se implementa un retraso de 2 segundos a la marcha del robot, mientras que la broca se activa inmediatamente al arrancar el ciclo. Esto se hace mediante la marca “Auxiliar Motores ON”, activada con un bloque SR (Set y Reset, biestable o flip-flop). Esta marca activará las brocas (en otro segmento más adelante), mientras que la señal de marcha al robot (Di16_MotorOnStart) pasará por un filtro de tiempo (TON) de 2 segundos. El reset del bloque SR se produce cuando el robot ya se encuentra en ciclo (Do16_RobotCycleOn) o al perderse el modo automático.

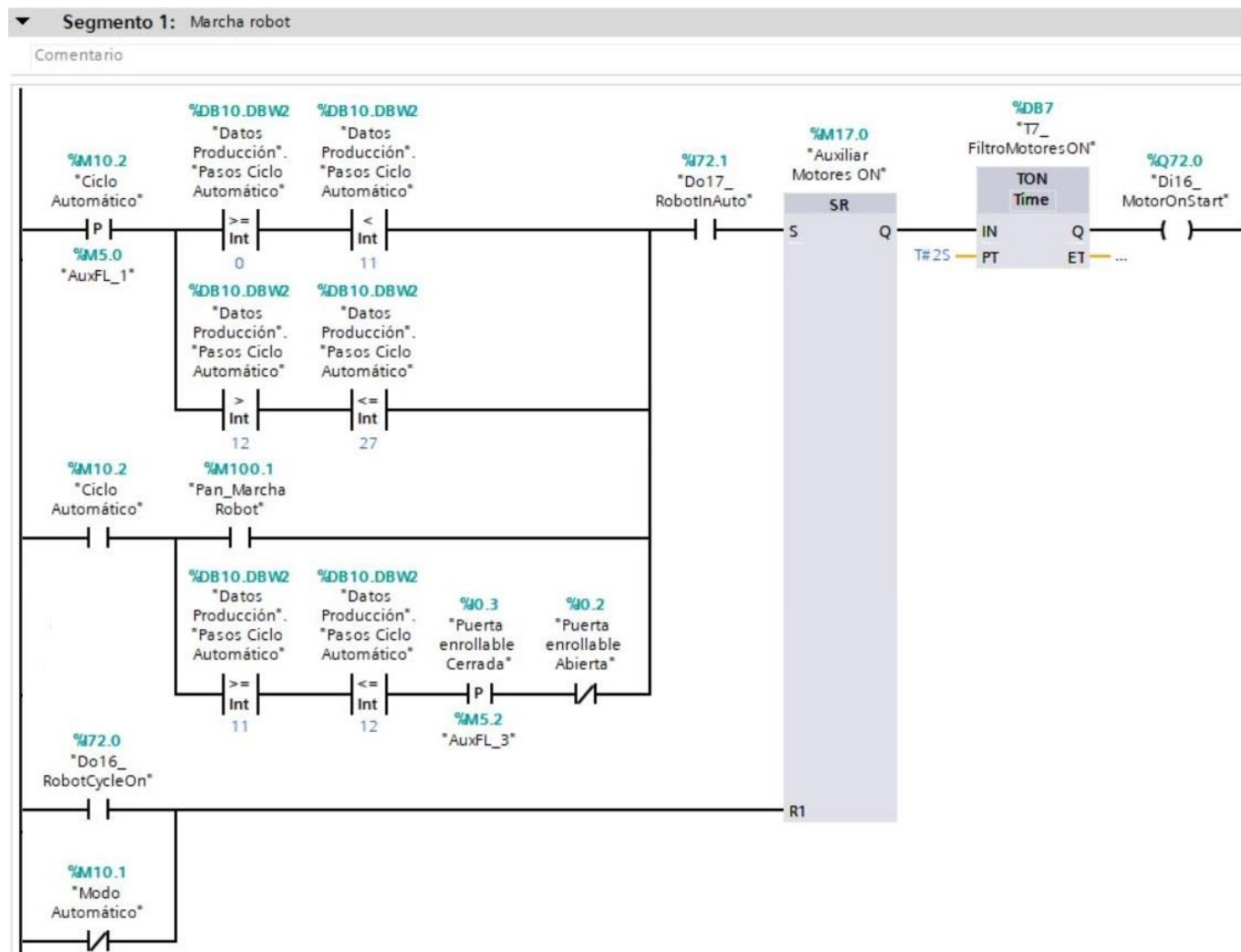


Fig. 86 Marcha del robot

6.1.10.2. Paro del robot

EL PLC enviará la orden de paro al robot cuando se pierda el ciclo automático, si éste se encuentra también en ciclo automático (el ciclo automático de robot y PLC es independiente).

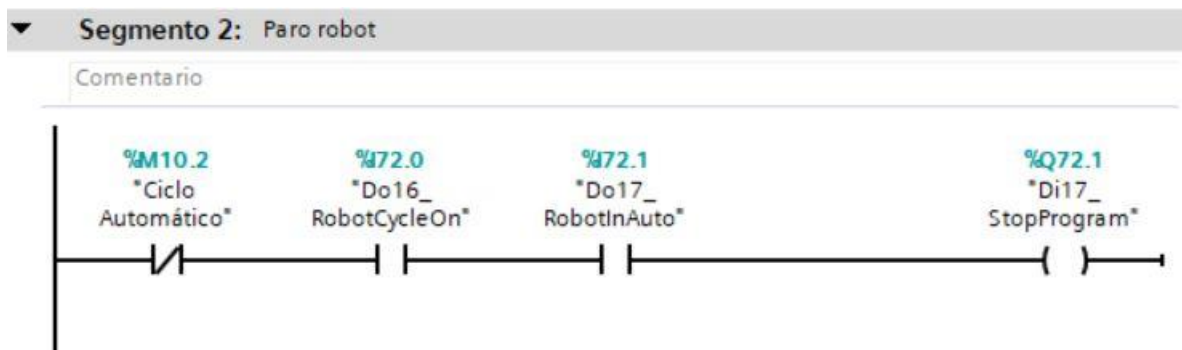


Fig. 87 Paro del robot

6.1.10.3. Robot parado

Para poder acceder a la celda a través de la puerta trasera, es necesario confirmar que el robot esté parado. Para esto, se activará una marca, "robot parado", cuando el robot no se encuentre en ciclo automático, cuando esté en bucle (robot desocupado, con su puntero de programa recorriendo en bucle la rutina principal, esperando una

orden) o cuando el robot se halle en la posición de mantenimiento, debido a la rotura de una broca. Esta marca se usará en el FC de la puerta trasera (FC5).

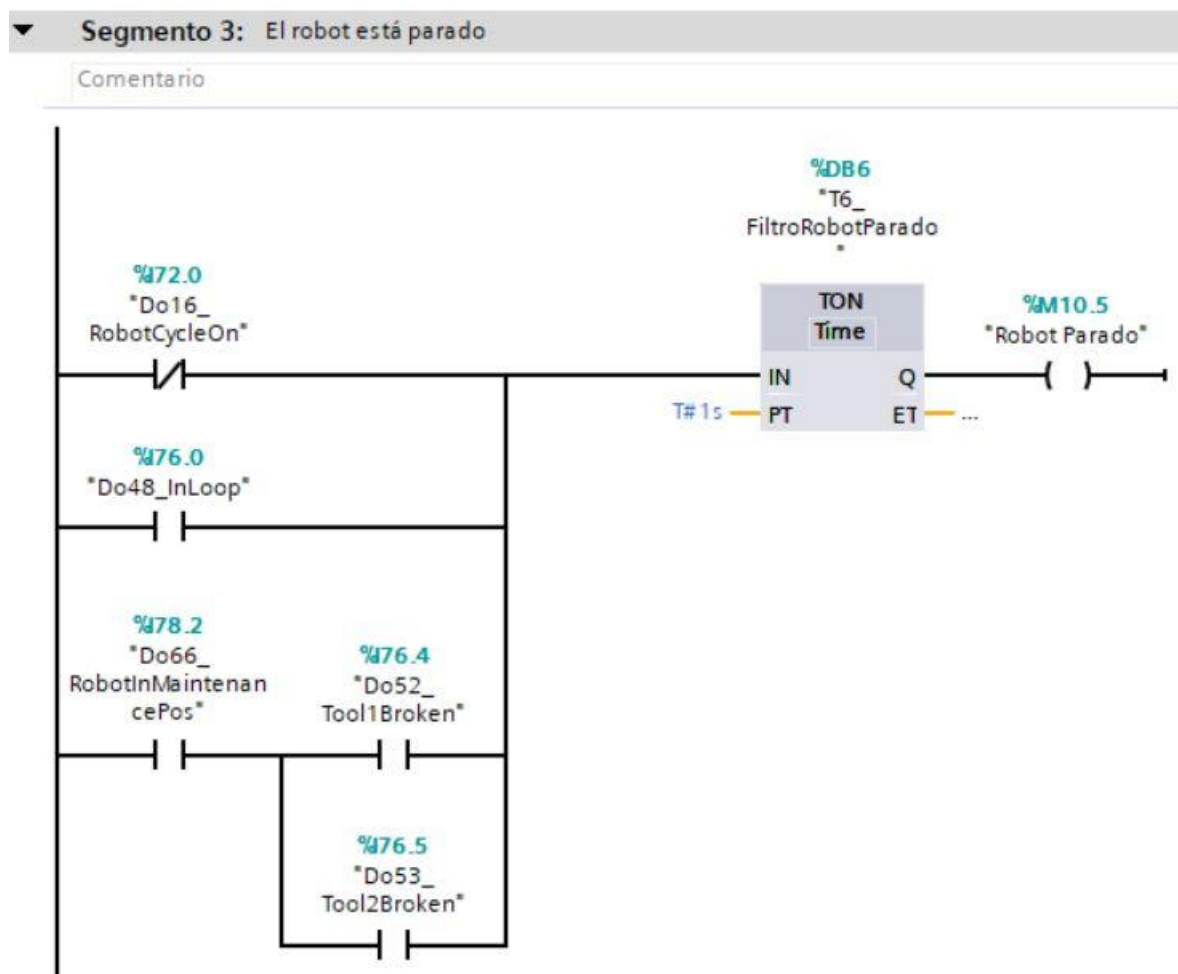


Fig. 88 Robot parado

6.1.10.4. Comprobar herramienta

Se puede mandar manualmente al robot a comprobar el estado de las brocas en el detector de longitud de broca, desde la pantalla “mantenimiento robot”. Para ello, el robot debe de estar en ciclo, la puerta enrollable bajada y la puerta trasera cerrada. La señal que se envía al robot es un impulso de medio segundo, logrado con el bloque TP (crea a su salida un impulso de la duración predefinida). La secuencia es la misma para la comprobación de las dos brocas.

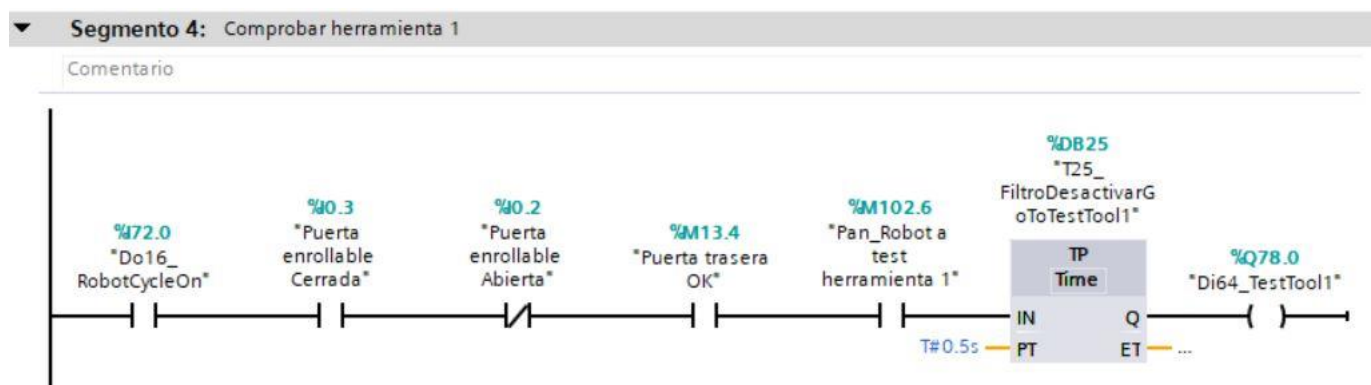


Fig. 89 Comprobar herramienta

6.1.10.5. Ir a la posición de mantenimiento

Igualmente, se puede mandar manualmente el robot a la posición de mantenimiento desde la pantalla “mantenimiento robot”. Las condiciones para el movimiento del robot son las mismas que en el caso anterior.

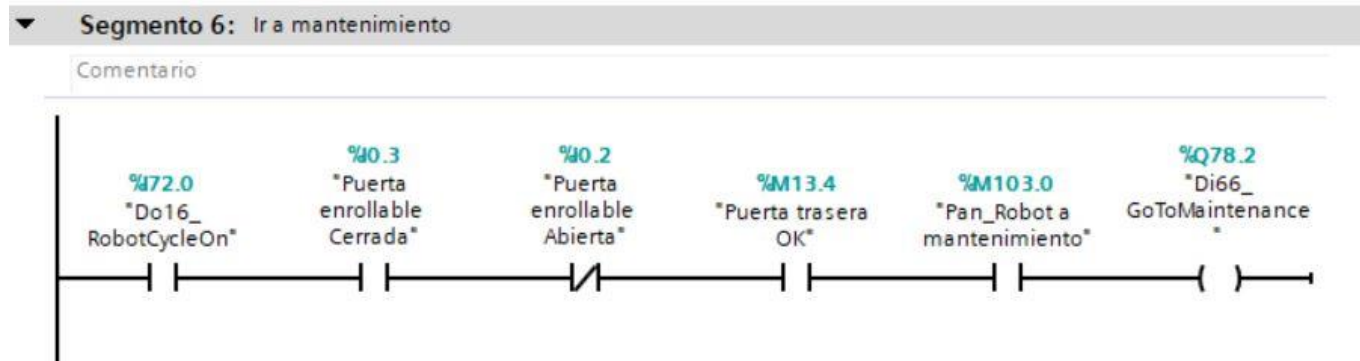


Fig. 90 Ir a la posición de mantenimiento

6.1.10.6. Broca rota

Si durante la comprobación del estado de las brocas se detecta que una está rota, se enviará el robot a la posición de mantenimiento, para proceder al reemplazo de la misma.

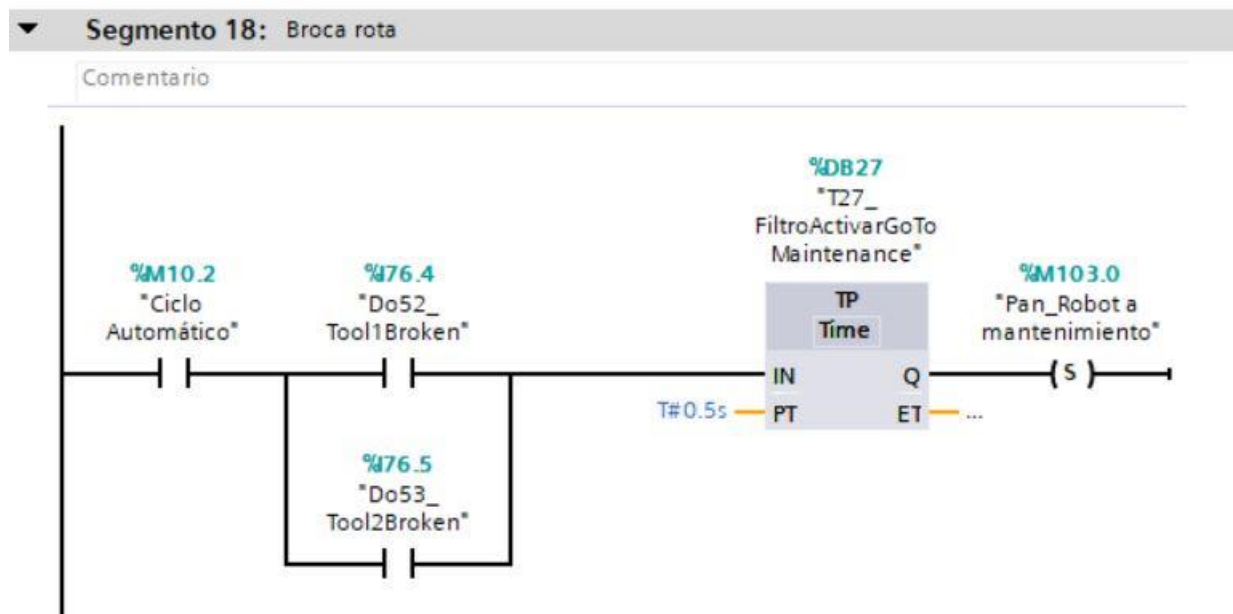


Fig. 91 Broca rota

6.1.10.7. Activar las brocas

La activación de las brocas se produce cuando el robot manda la orden de activación al PLC, el cual activa a su vez las electroválvulas que ponen en funcionamiento las brocas si se cumplen las condiciones necesarias (emergencias rearmadas y puerta cerrada). El robot debe de encontrarse en ciclo automático (Do16_RobotCycleOn) o haberse arrancado el ciclo por primera vez o después de un paro (Auxiliar Motores ON). Las dos brocas se activan de la misma manera.

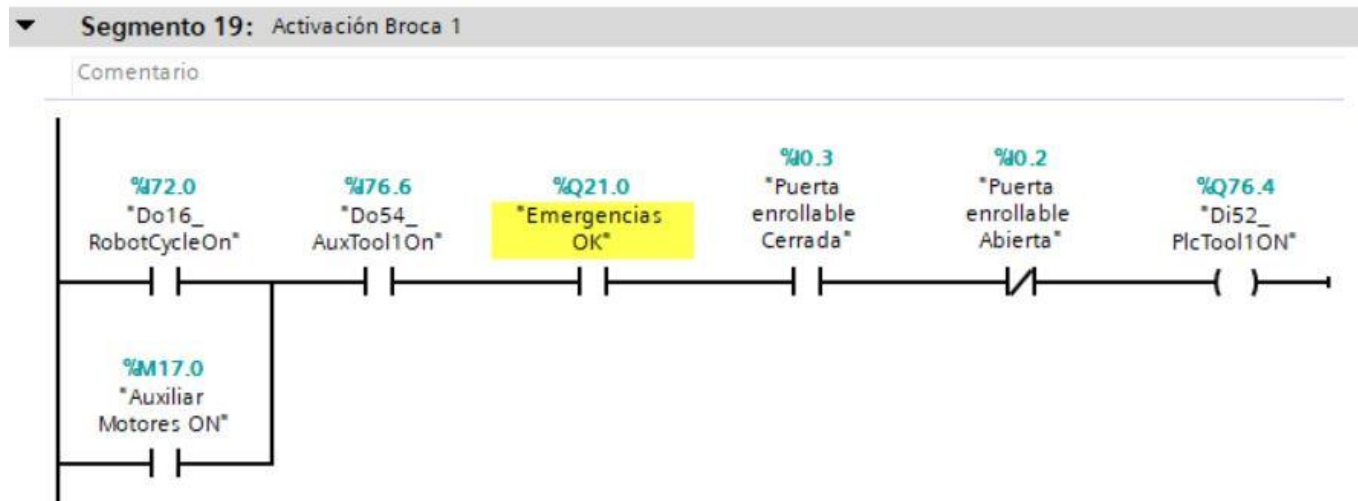


Fig. 92 Activar las brocas

6.1.11. Ciclo automático (FC4)

En el cuarto FC, "Ciclo Automático", se lleva a cabo el ciclo automático de trabajo de la celda. Éste se realiza paso a paso, avanzando el ciclo al siguiente paso cuando se cumplen las condiciones del paso actual.

6.1.11.1. Escanear el parachoques y bajar la puerta enrollable

El primer paso consiste en el escaneo con la pistola lectora del código de barras del parachoques a producir. Este escaneo podrá saltarse si se anula desde la pantalla de "anular entradas" o si se selecciona el modo "spare". En el paso 0 se comprueba si se requiere de la lectura de un código de barras y se activa el campo de texto de la pantalla principal donde se introduce el código, usando un script de Visual Basic (ver punto 6.1.19).

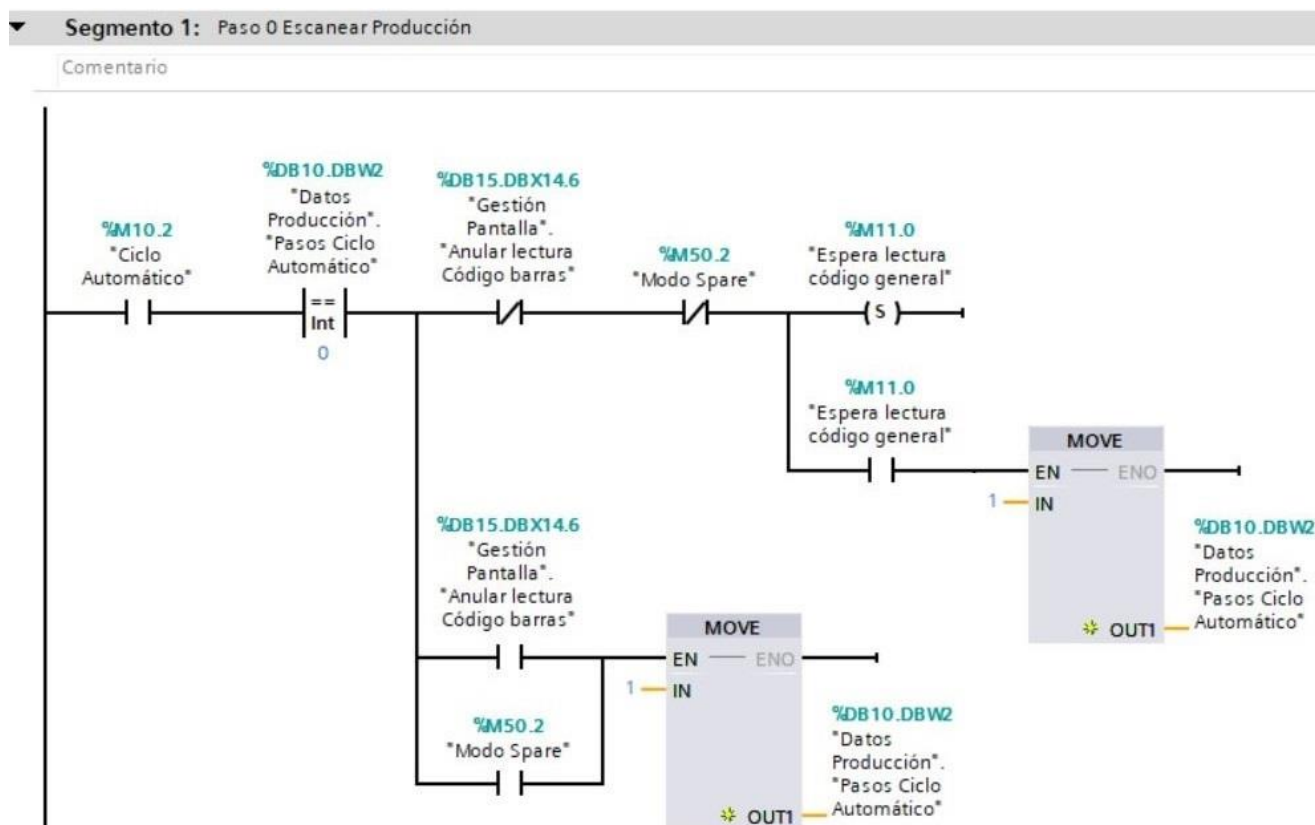


Fig. 93 Paso 0 Escanear producción

En el paso 1, una vez leído el código de barras o saltada su lectura, el operario deberá pulsar el botón de “permiso operario” para bajar la puerta enrollable y pasar al siguiente paso.

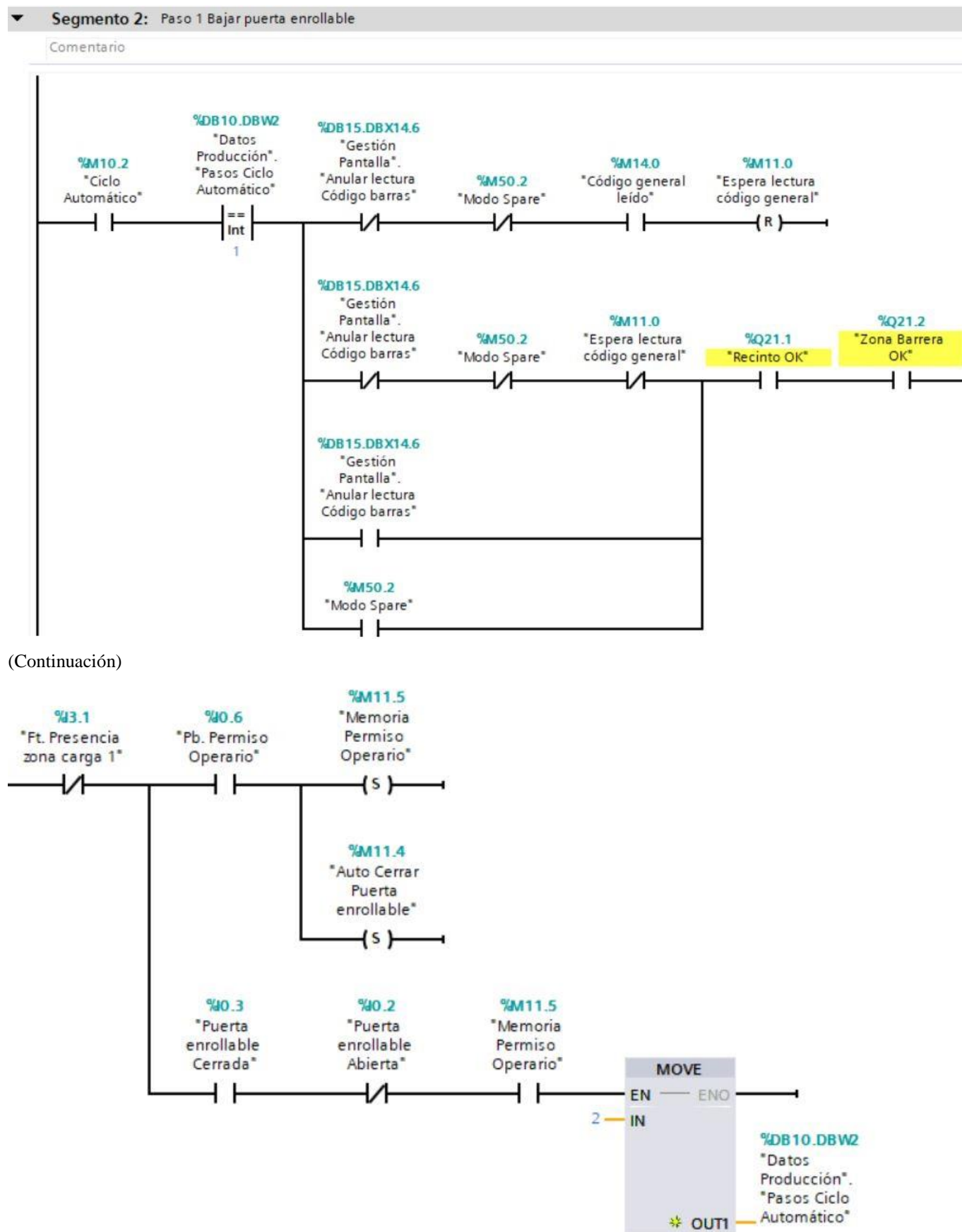


Fig. 94 Paso 1 Bajar puerta enrollable

6.1.11.2. Abrir el utillaje

Una vez que ha bajado la puerta enrollable, el siguiente paso consiste en abrir el utillaje (ya que habrá quedado cerrado al finalizar el ciclo anterior) y girar la mesa a la estación de trabajo correspondiente. Una vez que el utillaje esté abierto y la mesa en la estación de trabajo correcta, subirá la puerta enrollable para proceder a colocar el parachoques. Si el utillaje ya se encontraba abierto por tratarse del primer ciclo, o la mesa ya estaba en la estación de trabajo correcta, se saltarán estas acciones.

En el paso 2 se activa la marca de abrir el utillaje (la acción se realiza en el FC2, "Acciones"). Una vez que se ha confirmado la apertura del mismo, se avanza al paso 3.

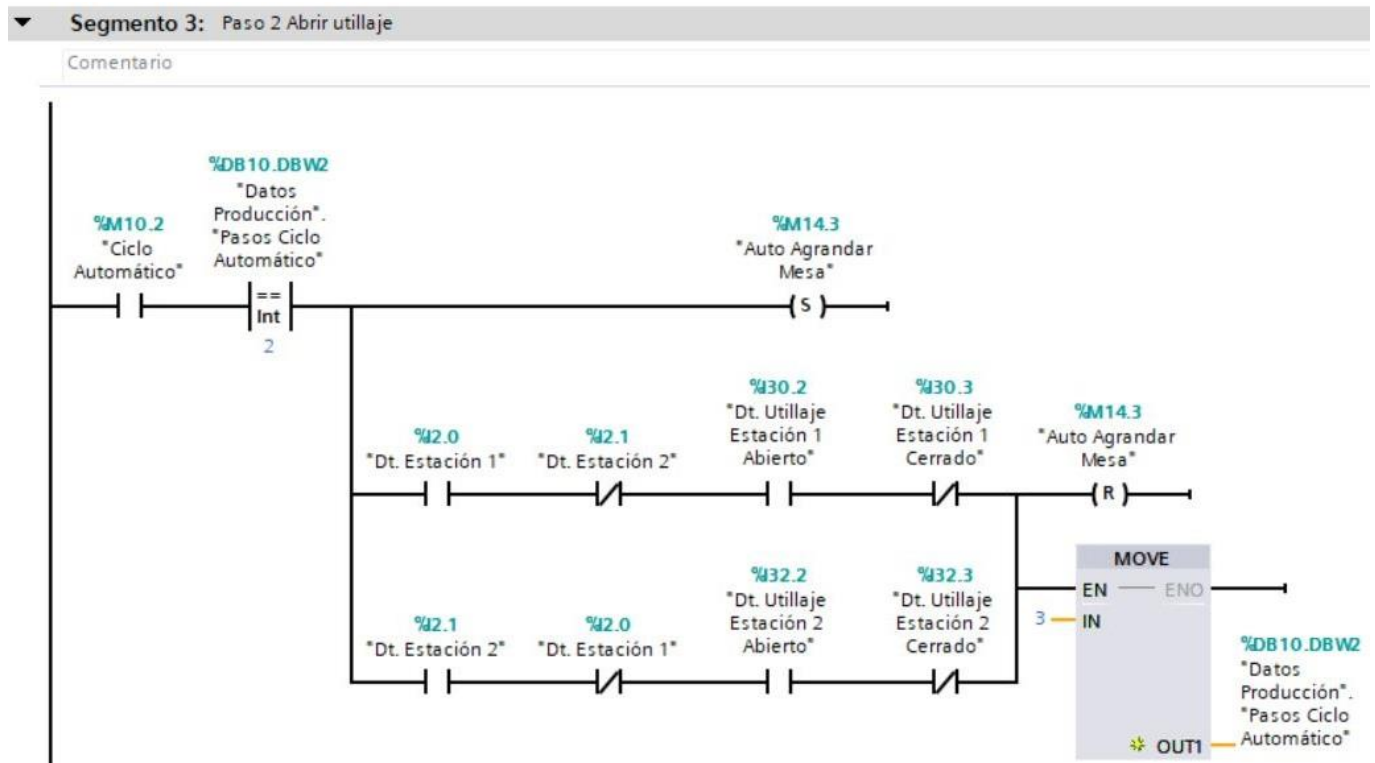


Fig. 95 Paso 2 Abrir utillaje

6.1.11.3. Girar la mesa

En el paso 3 se decide si la mesa debe girar en función del código de barras leído. Si los dos primeros caracteres del código son 01, se tratará de un parachoques delantero. Si son 02 será un parachoques trasero. Si el primer carácter no es un 0 o el segundo un 1 o un 2, el código leído será incorrecto y habrá que introducir otro código válido.

En caso de que el código del parachoques coincida con la estación actual, el ciclo saltará al paso 8 (subir puerta enrollable). En caso de que la mesa se encuentre en la estación contraria a la del parachoques actual, el ciclo pasará al paso 4 (iniciar el giro de la mesa). Si se ha seleccionado el modo "spare", al no haber lectura de código, el ciclo pasará también al paso 8.

▼ Segmento 4: Paso 3 Decidir si gira la mesa o no

Comentario

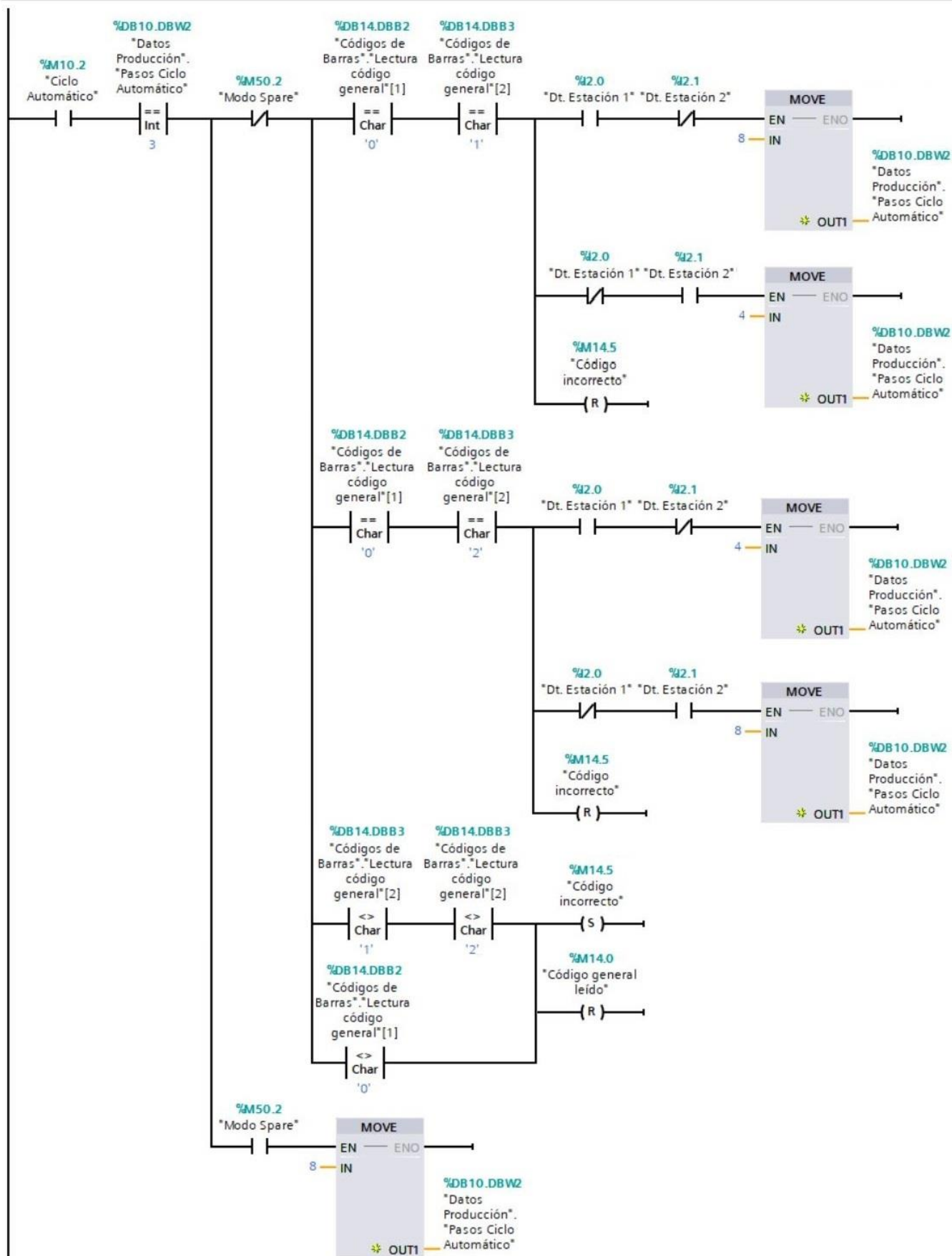


Fig. 96 Paso 3 Decidir si gira la mesa

En el paso 4 se baja el centrador de la mesa (la pieza que asegura la posición de la misma), como paso previo a iniciar el giro. Se activa la marca que desencadenará la acción en el FC2 (Acciones) y se desactiva y se avanza de paso una vez que se ha detectado la bajada del centrador.

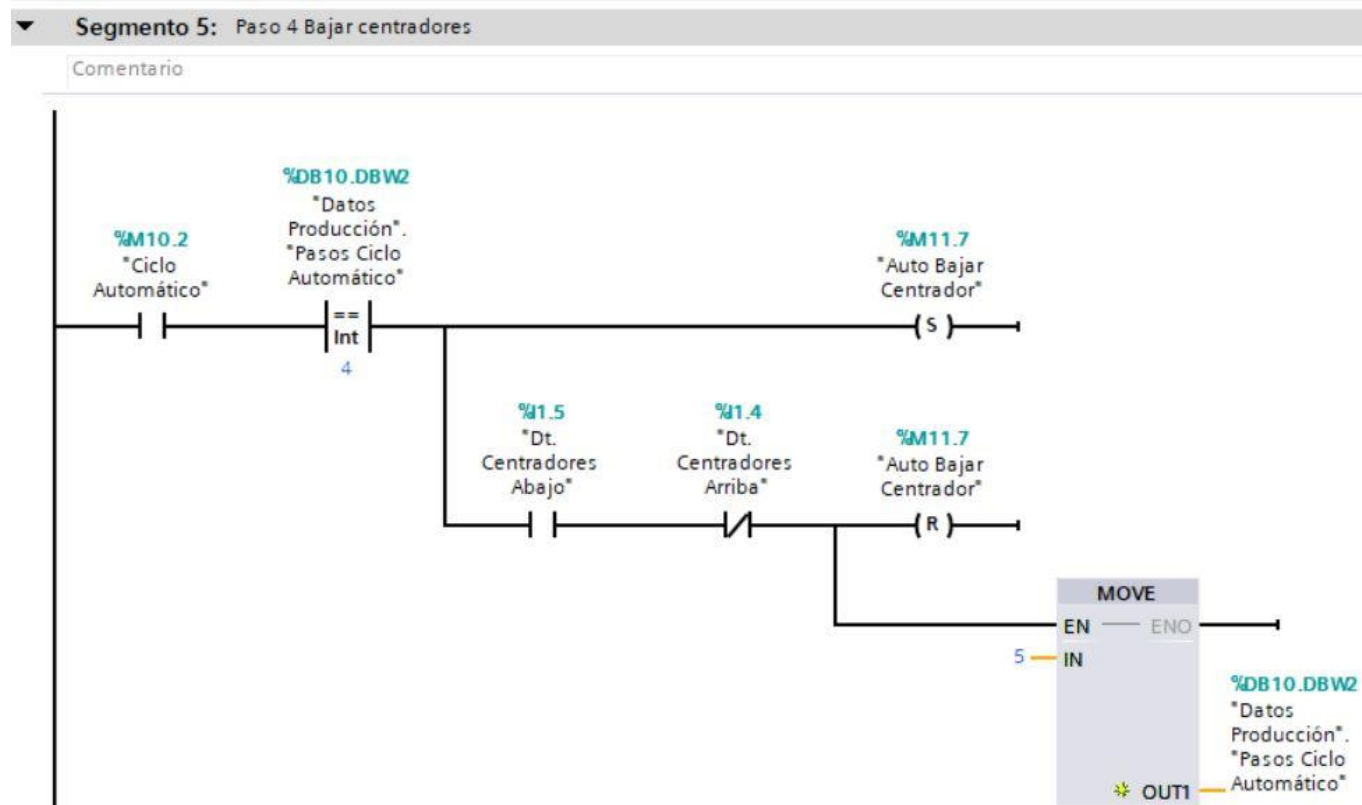


Fig. 97 Paso 4 Bajar centrador

En el paso 5 se realiza el giro de la mesa a la estación contraria a la actual, si se cumplen las condiciones de giro, las cuales se reúnen en el FC de la mesa (FC10).

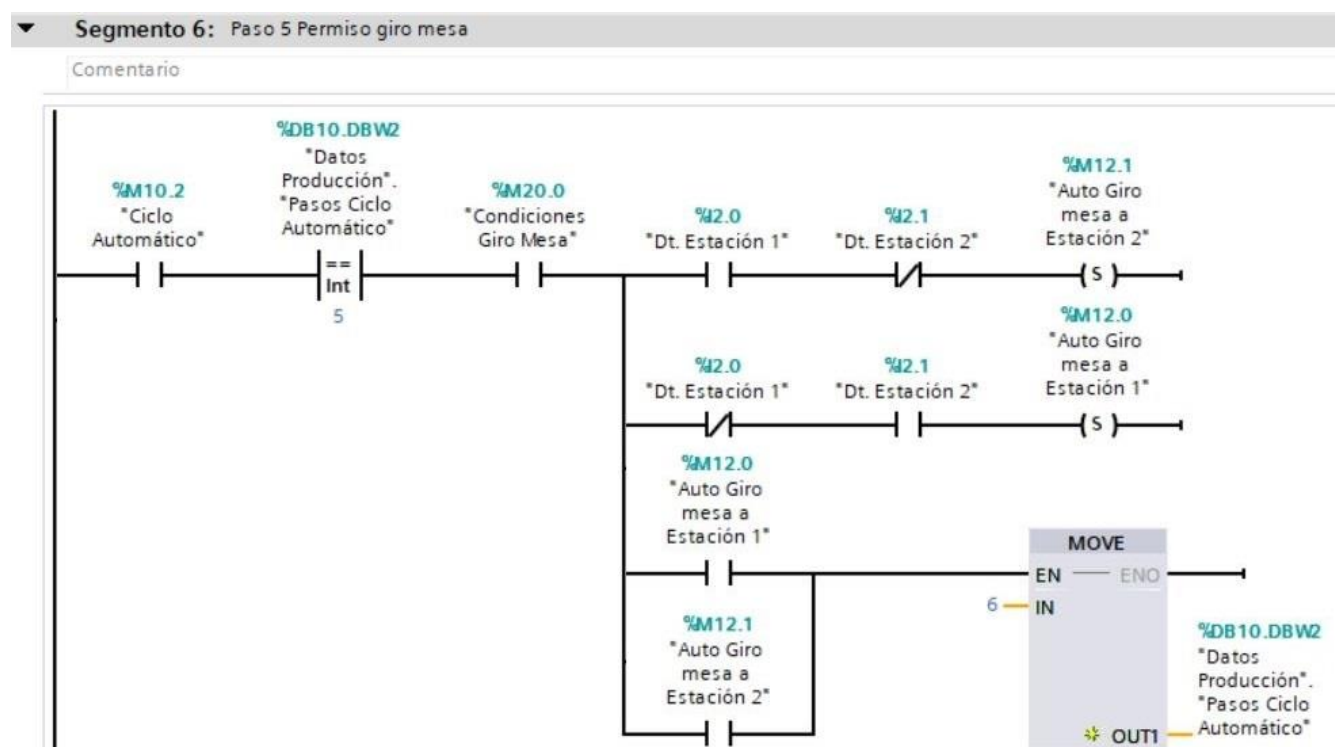


Fig. 98 Paso 5 Giro de la mesa

En el paso 6 finaliza el giro de la mesa, una vez que los detectores de estación detectan que la mesa se encuentra en la estación a la cual estaba girando. Las variables "Auto Giro Mesa a Estación 1 y 2", activadas en el paso anterior, sirven de memoria de la dirección del giro. Éstas se resetean al finalizar el mismo, y el ciclo avanza al paso 7, en el que se vuelve a subir el centrador de posición de la mesa.

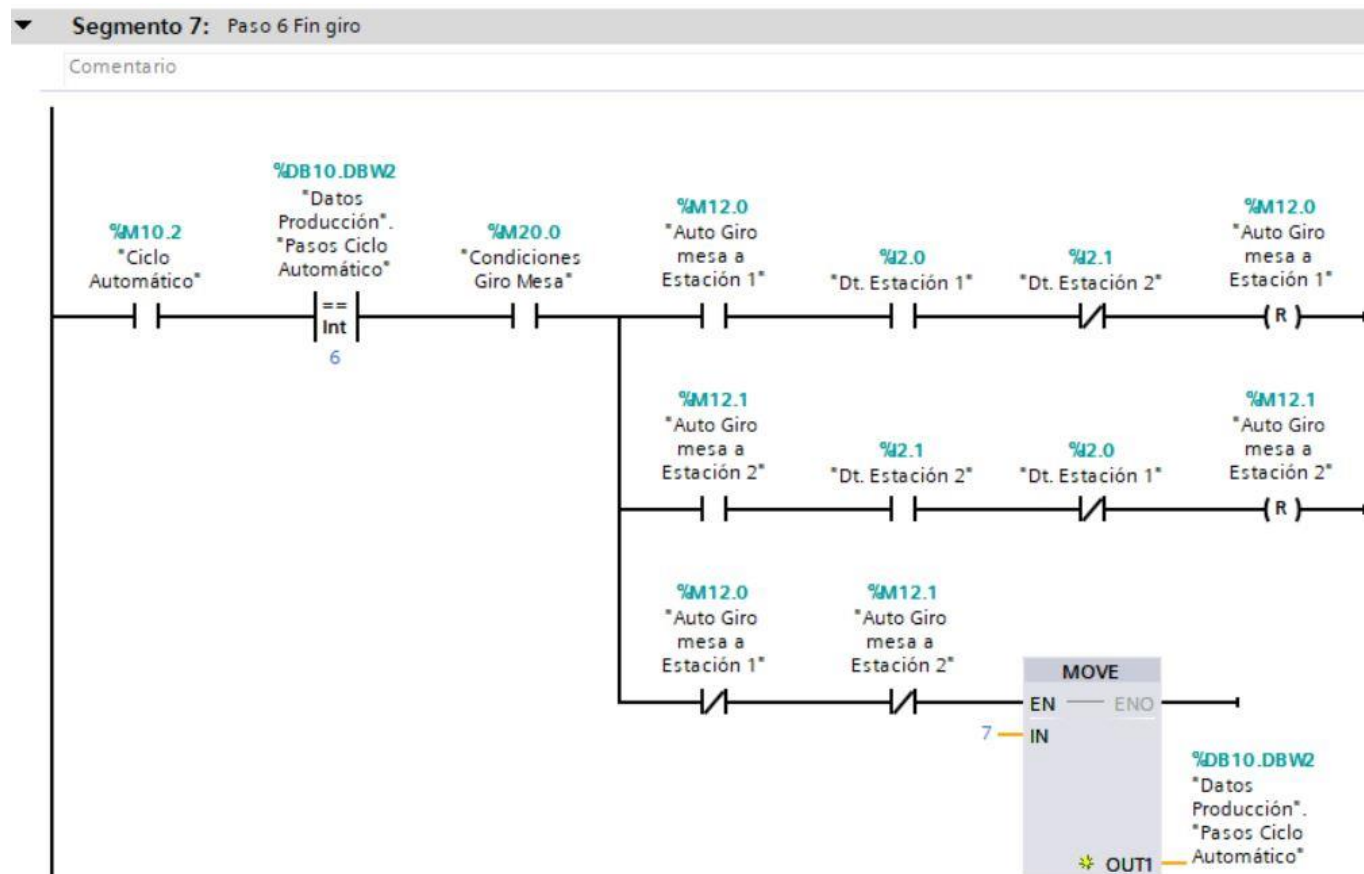


Fig. 99 Paso 6 Fin del giro de la mesa

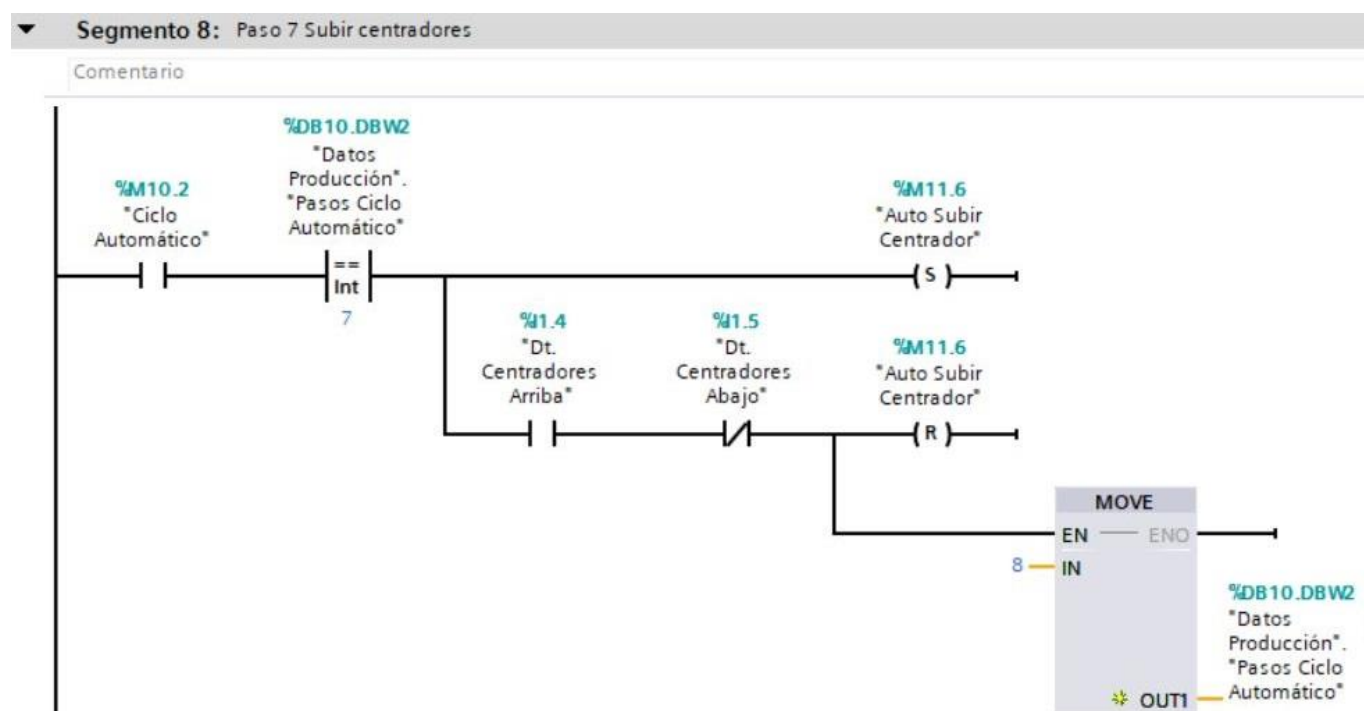


Fig. 100 Paso 7 Subir centrador de la mesa

6.1.11.4. Subir la puerta enrollable

En el paso 8 se sube la puerta enrollable, si las fotocélulas situadas delante de la mesa no detectan ningún obstáculo. A continuación, se avanza al paso 9.

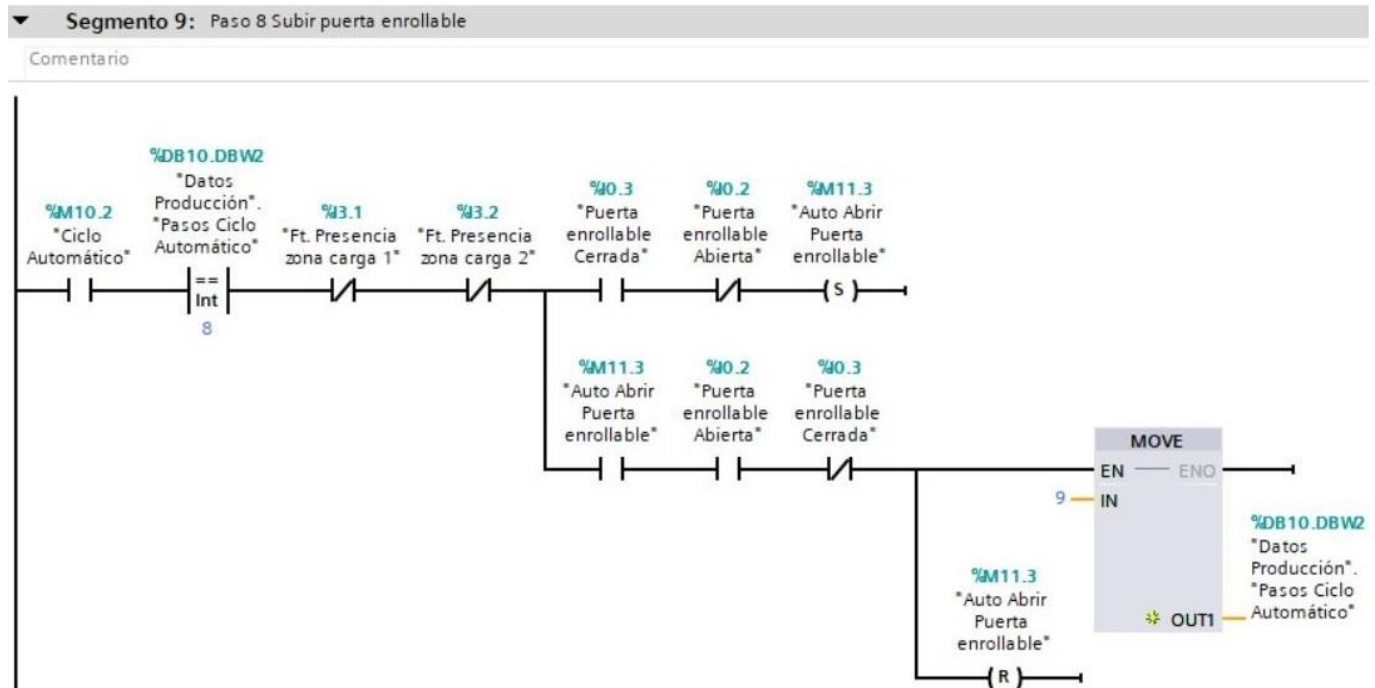


Fig. 101 Paso 8 Subir puerta enrollable

6.1.11.5. Colocar la pieza en el utillaje

Una vez que la puerta ha subido se procede a colocar el parachoques sobre el utillaje. En la pantalla se mostrará una imagen con el parachoques actual. En función de la estación de trabajo, éste será un parachoques delantero o trasero. Con las variables “Pieza a Colocar E1 y E2” se irán mostrando por pantalla distintas imágenes con el estado del montaje del parachoques. Para el parachoques solo, estas variables serán iguales a 1. Con cada pieza que se añada al conjunto se irá incrementando el valor. Estas variables irán asociadas a un grupo de imágenes cada una, de forma que la imagen que se muestra por pantalla coincide con el valor de estas variables.

Cuando los sensores ópticos del utillaje detectan el parachoques, activan la marca “Pieza colcada” (FC1). Con el flanco positivo de esta detección se activan las ventosas que sujetan el parachoques al utillaje. Una vez que el parachoques es detectado por los sensores ópticos y el nivel de vacío en las ventosas es el correcto (la señal “Vacío OK” se activa en el FC1), se muestra la segunda imagen del parachoques por pantalla y se avanza el ciclo al siguiente paso.

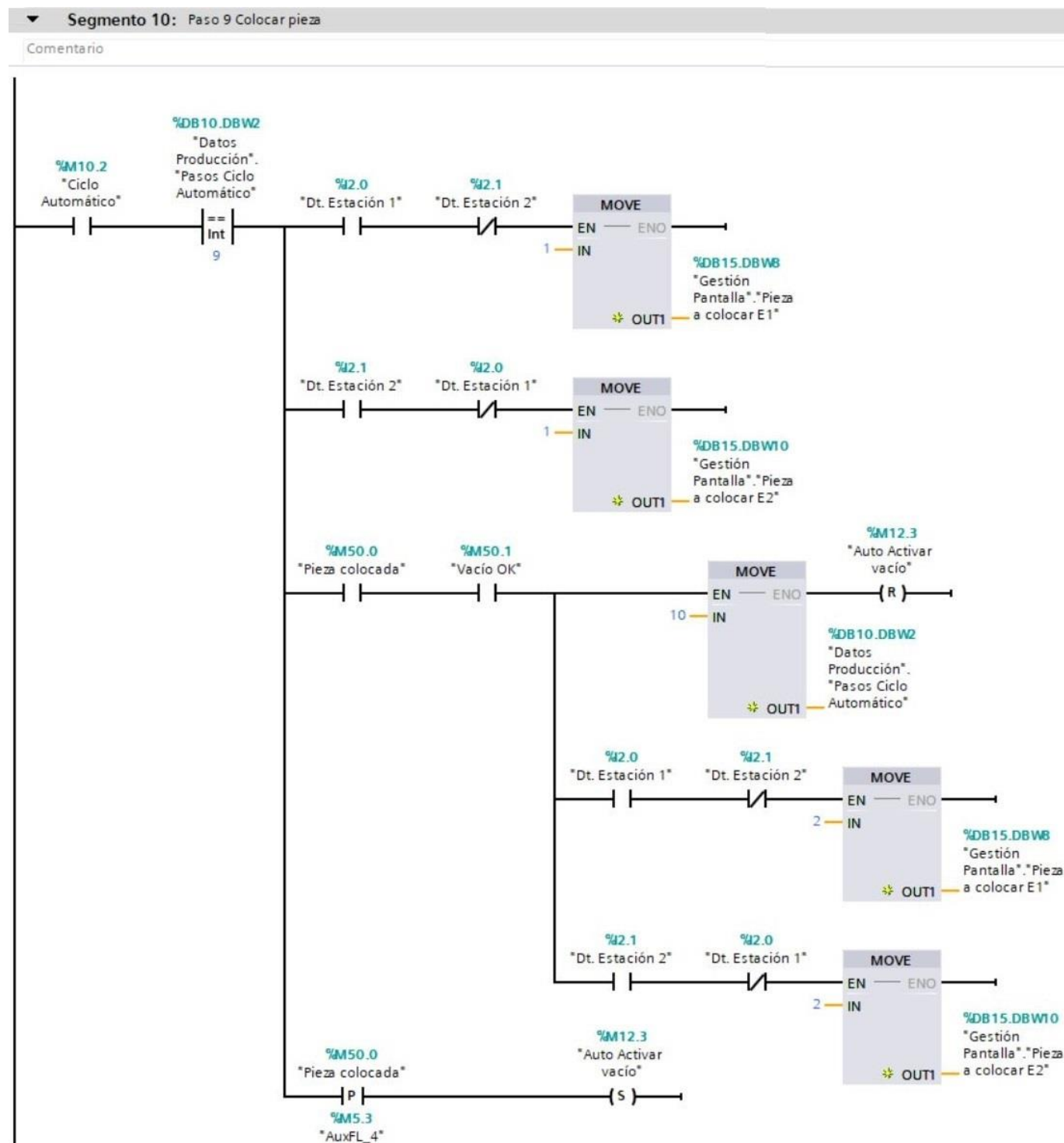


Fig. 102 Paso 9 Colocar la pieza en el utillaje

6.1.11.6. Bajar la puerta enrollable

Con el parachoques firmemente colgado, el operario pulsará “permiso operario” para bajar la puerta enrollable y dar inicio al ciclo de fresado. Como en otros pasos de subir y bajar la puerta, deben de cumplirse las condiciones de seguridad (perímetro rearmado y fotocélulas sin detectar obstáculos). Una vez que se ha detectado la bajada de la puerta se avanza al paso 11, en el que se inicia el fresado de la pieza.

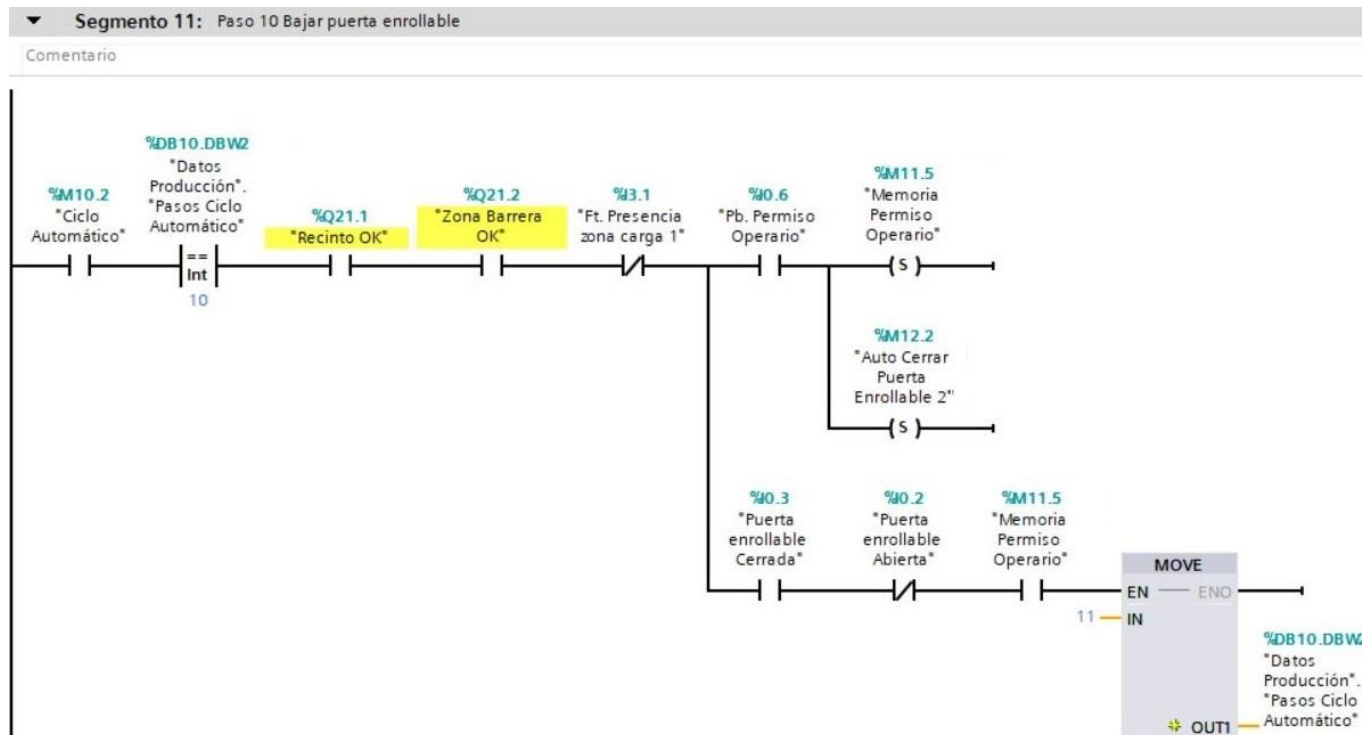


Fig. 103 Paso 10 Bajar la puerta enrollable

6.1.11.7. Fresado del parachoques

Con el parachoques firmemente colocado, si se cumplen las condiciones para fresar (señal “Autorización Fresado” del FC1), el robot iniciará el programa de fresado para la estación actual. Para ello, se activará la entrada del robot correspondiente (“Di48_CutStation1” o “Di49_CutStation2”). A mayores, se activará el soplado de los sensores ópticos del utillaje, para mantenerlos libres de viruta, de forma que sigan detectando correctamente el parachoques.

Cuando el robot ha iniciado el fresado, devolverá al PLC la salida Do48_InLoop a 0 (el robot no está en “loop” o bucle, esperando órdenes) y la salida Do49_Cutting a 1 (el robot está cortando). Al recibirlas, el PLC reseteará las marcas usadas al iniciar el fresado y se activará la señal de abrir la válvula de mariposa, la cual abre la compuerta superior por donde se evacúa la viruta producida durante el fresado. A continuación, se avanza al paso 12.

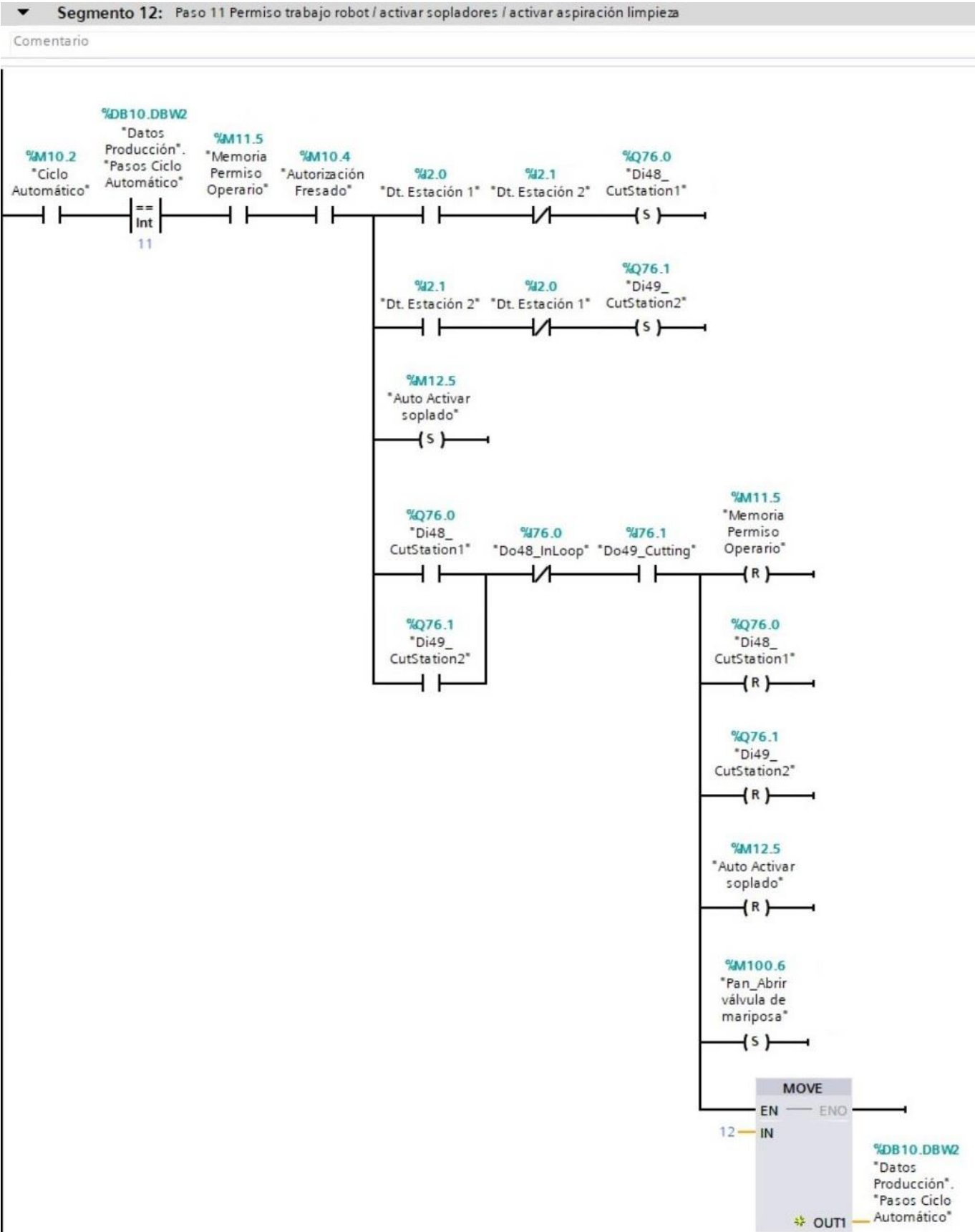


Fig. 104 Paso 11 Inicio del fresado

Cuando el robot ha finalizado el programa de fresado, activa la salida “Do50_EndCut” (fin del corte). Con esta salida, y la detección del robot en la posición de “home” (reposo), o en su defecto, con las señales de broca rota, si se ha detectado la rotura de una broca en la comprobación de la herramienta hecha al final del fresado, el PLC desactiva el soplado de los sensores, cierra la válvula de mariposa de la compuerta de evacuación de la viruta y avanza al paso 13.

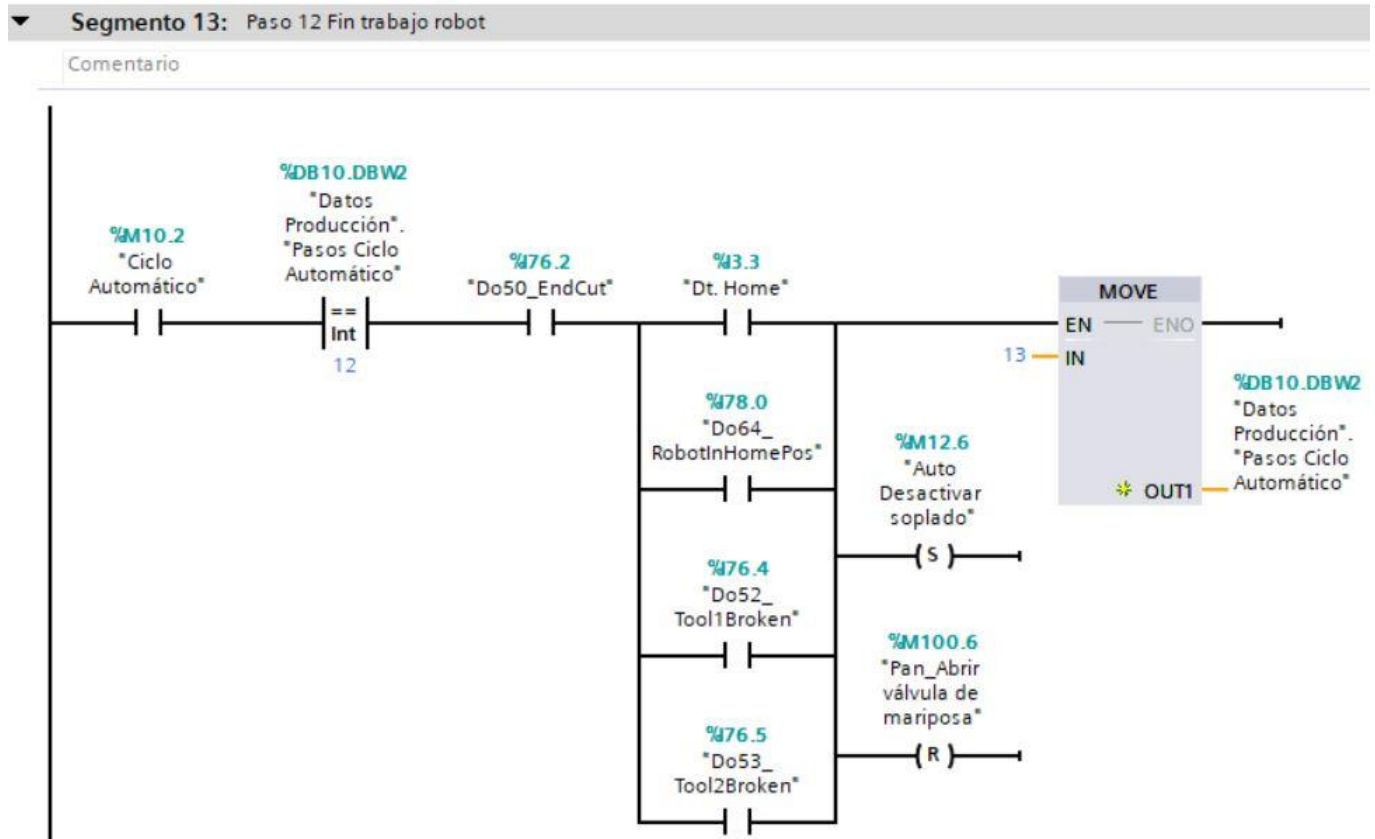


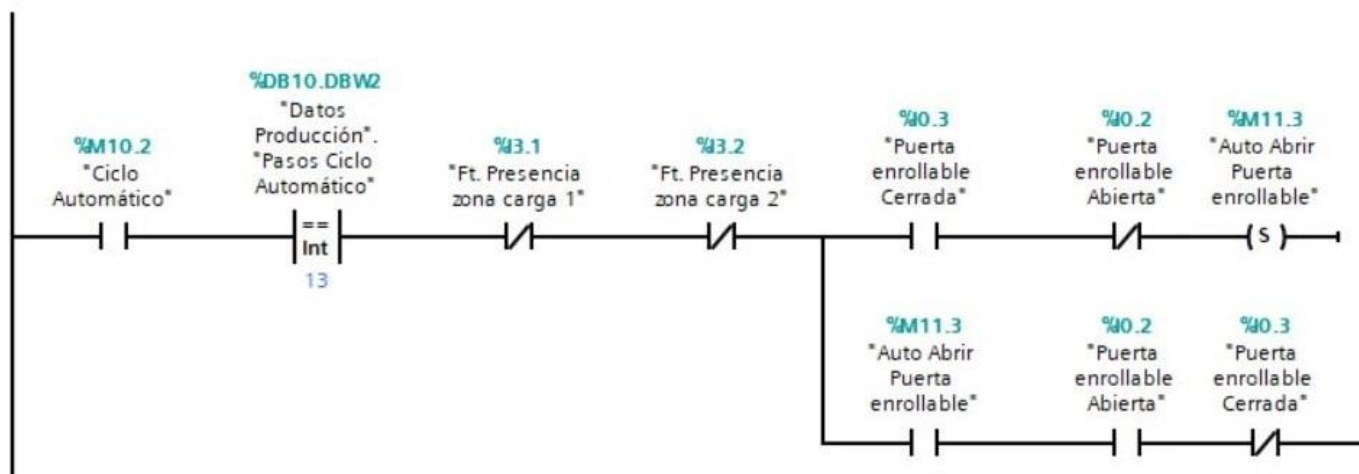
Fig. 105 Paso 12 Fin del fresado

6.1.11.8. Subir la puerta enrollable

Una vez finalizado el fresado, se sube la puerta enrollable para proceder a colocar las piezas auxiliares. La puerta subirá si se cumplen las condiciones necesarias. Una vez detectada su subida, si no se ha detectado la rotura de una broca y si el ciclo no está en modo “spare”, se avanza al siguiente paso, el 14. En caso de rotura de una broca o tratarse de un ciclo en modo “spare”, se saltará al paso 25, donde se vuelve a bajar la puerta enrollable para cerrar el utillaje tras colocar las piezas auxiliares. En este caso, el robot irá automáticamente a la posición de mantenimiento, para proceder al reemplazo de la broca rota, mientras la puerta enrollable permanece cerrada.

▼ Segmento 14: Paso 13 Subir puerta enrollable

Comentario



(Continuación)

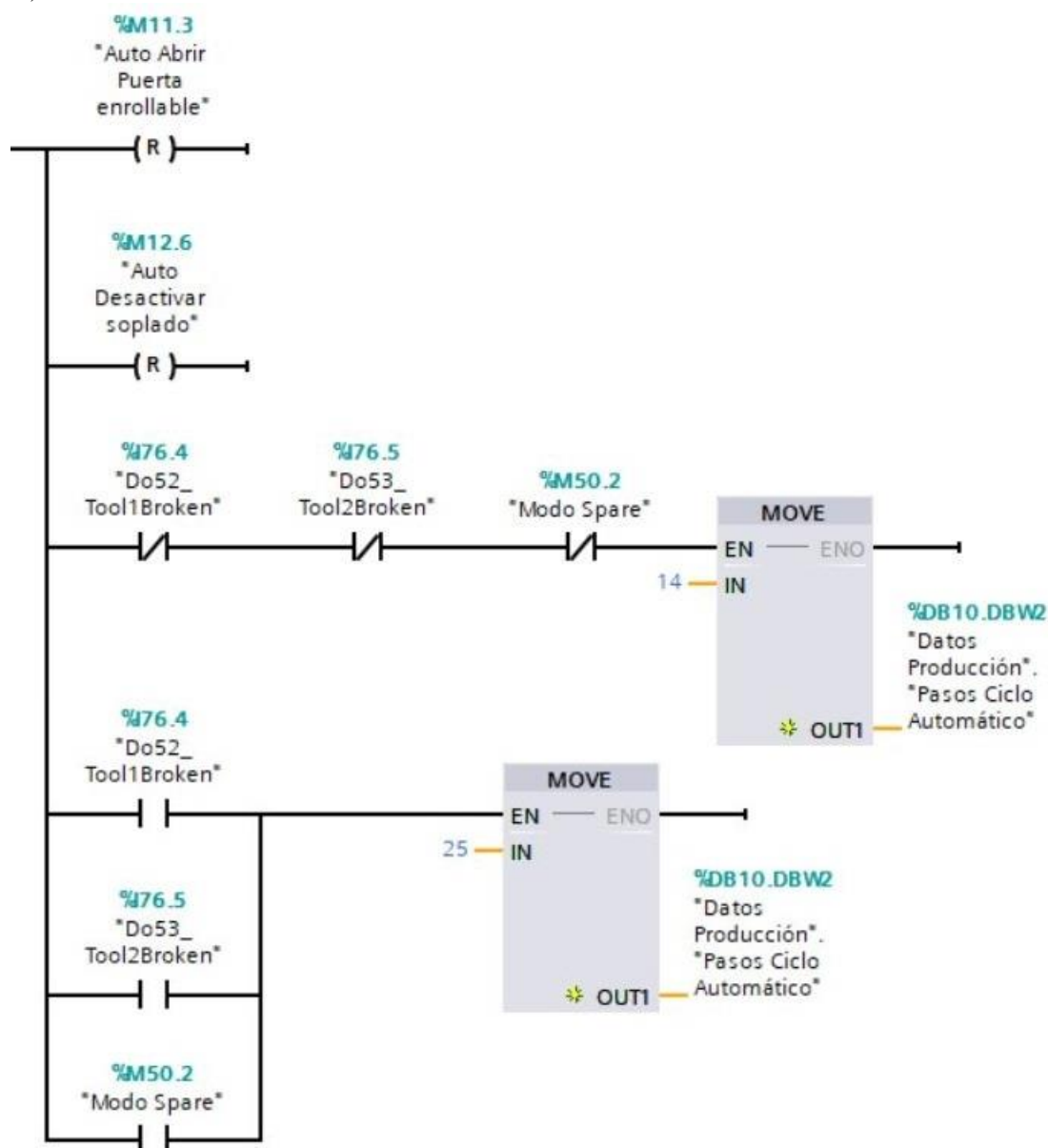


Fig. 106 Paso 13 Subir puerta enrollable

6.1.11.9. Escanear el spoiler

Tras haber subido la puerta, en el siguiente paso el operario escanea el código de barras del spoiler (pieza auxiliar situada debajo del parachoques), si no se ha anulado la lectura del mismo. En caso de haberse anulado se salta al paso 16. Si no se ha anulado, se avanza al paso 15. Igual que para el escaneo del código de barras del parachoques, un script de Visual Basic es el encargado de seleccionar automáticamente el campo de texto de la pantalla principal (en este caso el inferior) en el que se guarda el código leído.

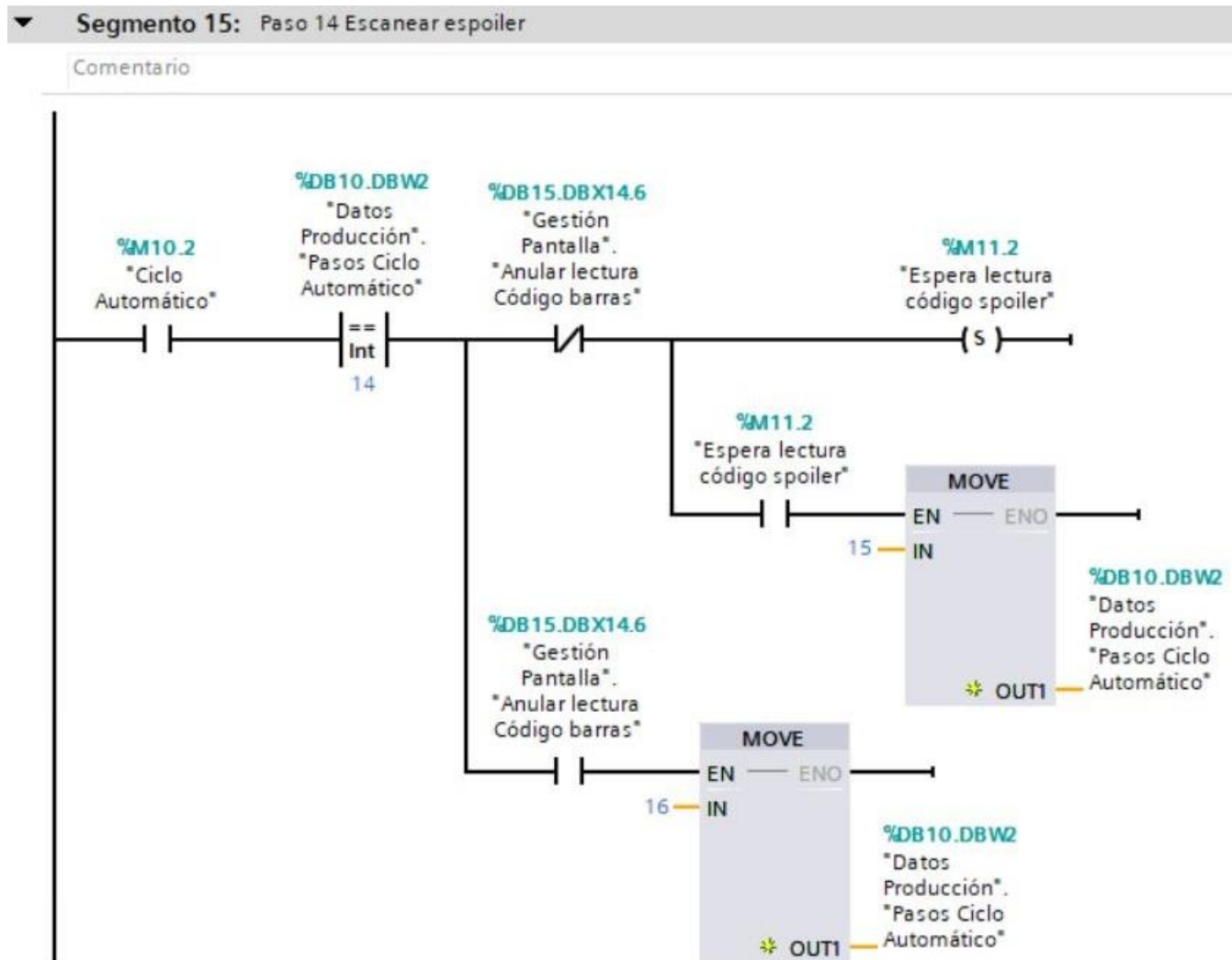


Fig. 107 Paso 14 Escanear el código del spoiler

En el paso 15 se espera a la lectura del código de barras del spoiler. Los códigos de parachoques y spoilers indican el color de la pieza y si se trata de un parachoques o spoiler delantero o trasero, entre otros datos. Hay 6 códigos para los spoilers delanteros y 6 para los traseros, que concuerdan con otros tantos códigos de parachoques. Cada código de spoiler debe coincidir con su respectivo código de parachoques.

Tras haberse leído el código del spoiler, en el FC6, "Código de barras", se comprueba si el código del parachoques leído en el primer paso concuerda con alguno de los códigos de parachoques guardados. Si concuerda con alguno, se iguala la variable de tipo string (alfanumérica) "Aux spoiler" del DB "Código de Barras" a su código de spoiler correspondiente. En el paso 15 se comprueba si el código de esta variable "Aux spoiler" es igual al código del

spoiler leído. Si es igual se avanza al paso 16. Si es distinto, se pide la lectura de un nuevo código, hasta que se introduzca el código de spoiler correcto.

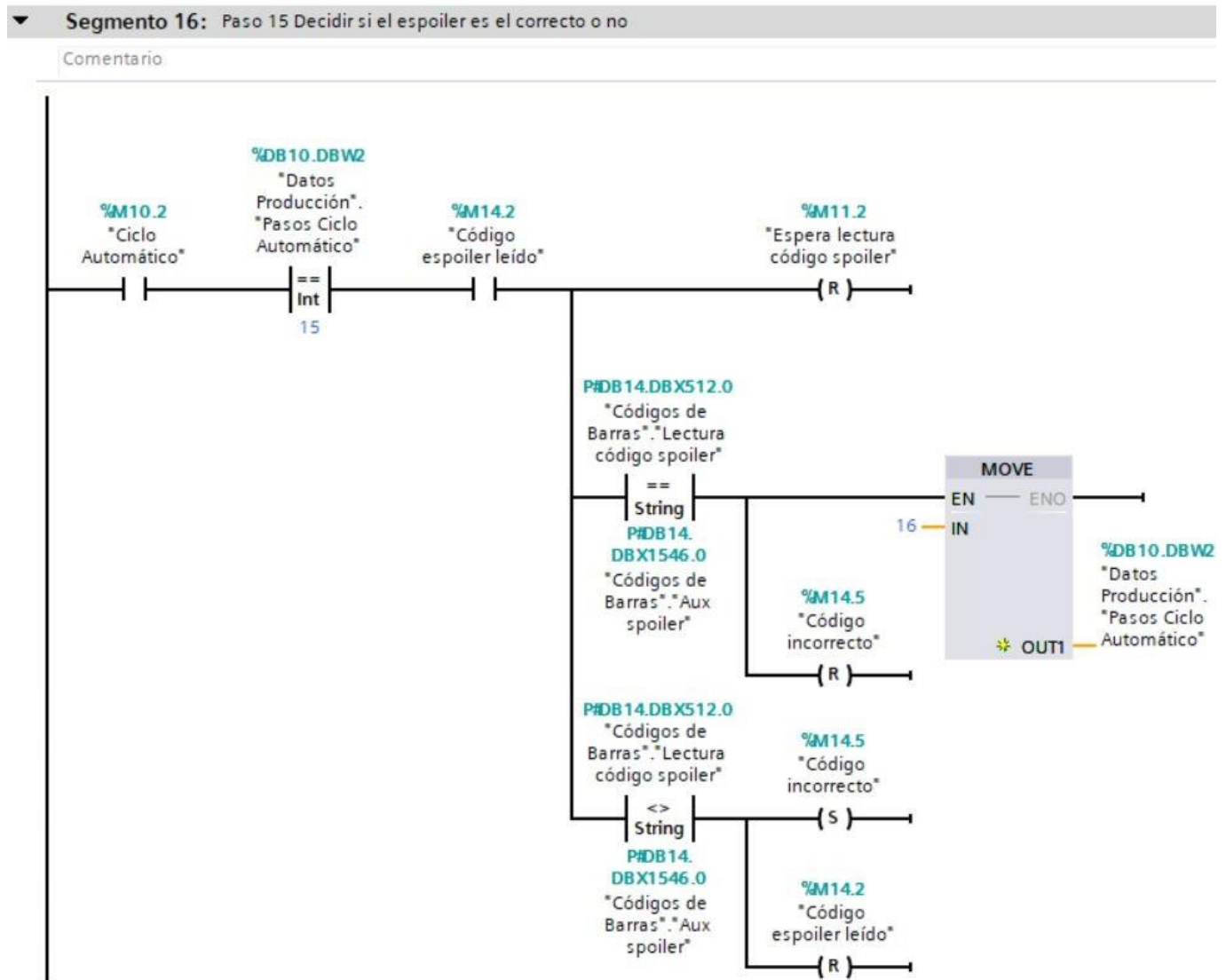


Fig. 108 Paso 15 Comprobar si el código del spoiler es el correcto

6.1.11.10. Colocar el spoiler

Una vez escaneado el código de spoiler correcto, se coloca éste en el parachoques. La variable "Pieza a colocar" se iguala a 3 para mostrar la siguiente imagen por pantalla (el parachoques fijo y el spoiler parpadeando para indicar que se requiere su colocación). El spoiler debe ser detectado por los sensores ópticos de la estación de trabajo actual durante el tiempo predefinido, a menos que se haya anulado su detección. Tanto el tiempo de detección del spoiler como el de las demás piezas auxiliares se puede ajustar desde la pantalla "configurar tiempos".

Una vez detectado el spoiler durante el tiempo necesario, se avanza al paso 17 en el parachoques delantero y al 18 en el trasero. Esto se debe a que en el parachoques delantero es necesario realizar un paso a mayores, que consiste en confirmar la rotura de dos refuerzos de plástico del parachoques pulsando "permiso operario".

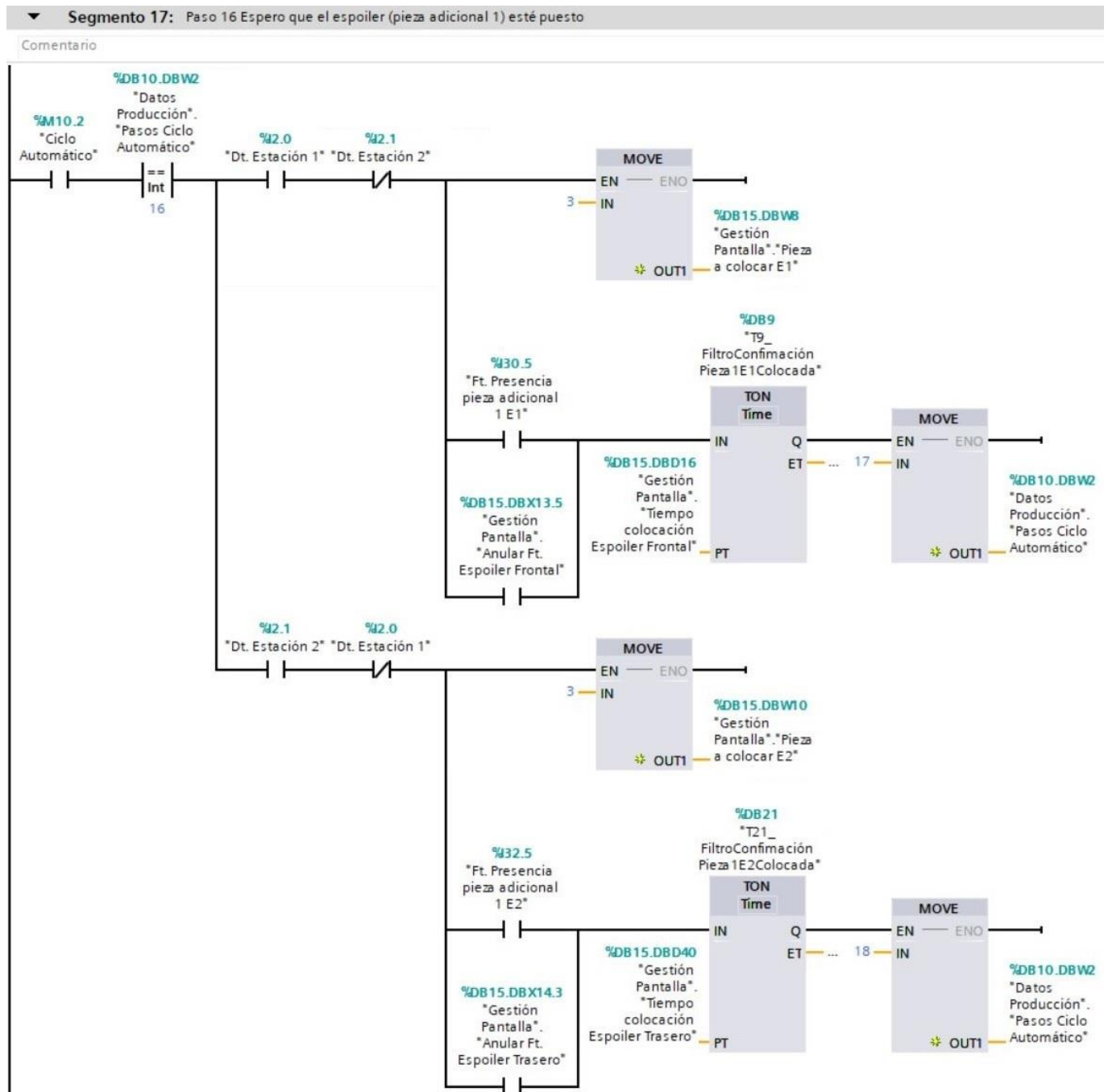


Fig. 109 Paso 16 Colocar el spoiler

6.1.11.11. Colocar las piezas adicionales

Tras el spoiler, se colocan en el parchoques una serie de piezas adicionales, como reflectores catadióptricos o parrillas y cubiertas de plástico (ver punto 4.2.6.15 para el detalle de las mismas). La colocación de cada una de estas piezas se validará con detectores ópticos o mecánicos, excepto una serie de piezas pequeñas en el parchoques trasero, que simplemente se confirmará su colocación pulsando “permiso operario”. La secuencia de estos pasos será la misma que para colocar el spoiler, variando las señales empleadas para cada pieza.

Una vez colocadas todas las piezas adicionales se avanza al paso 25, en el que vuelve a bajar la puerta enrollable para cerrar el utilaje.

6.1.11.12. Bajar la puerta enrollable

Con todas las piezas adicionales colocadas, el operario pulsará “permiso operario” para bajar la puerta enrollable y permitir el cierre del utillaje. El recinto debe estar rearmado y la fotocélula situada delante de la puerta debe estar despejada para permitir la bajada de la puerta. Mientras se espera el permiso del operario, la pantalla mostrará la última imagen del conjunto, con el parachoques con todas las piezas colocadas. Para el parachoques delantero, ésta será la imagen número 9 y para el trasero la número 11, debido a que en el parachoques trasero se colocan 2 piezas más que en el delantero.

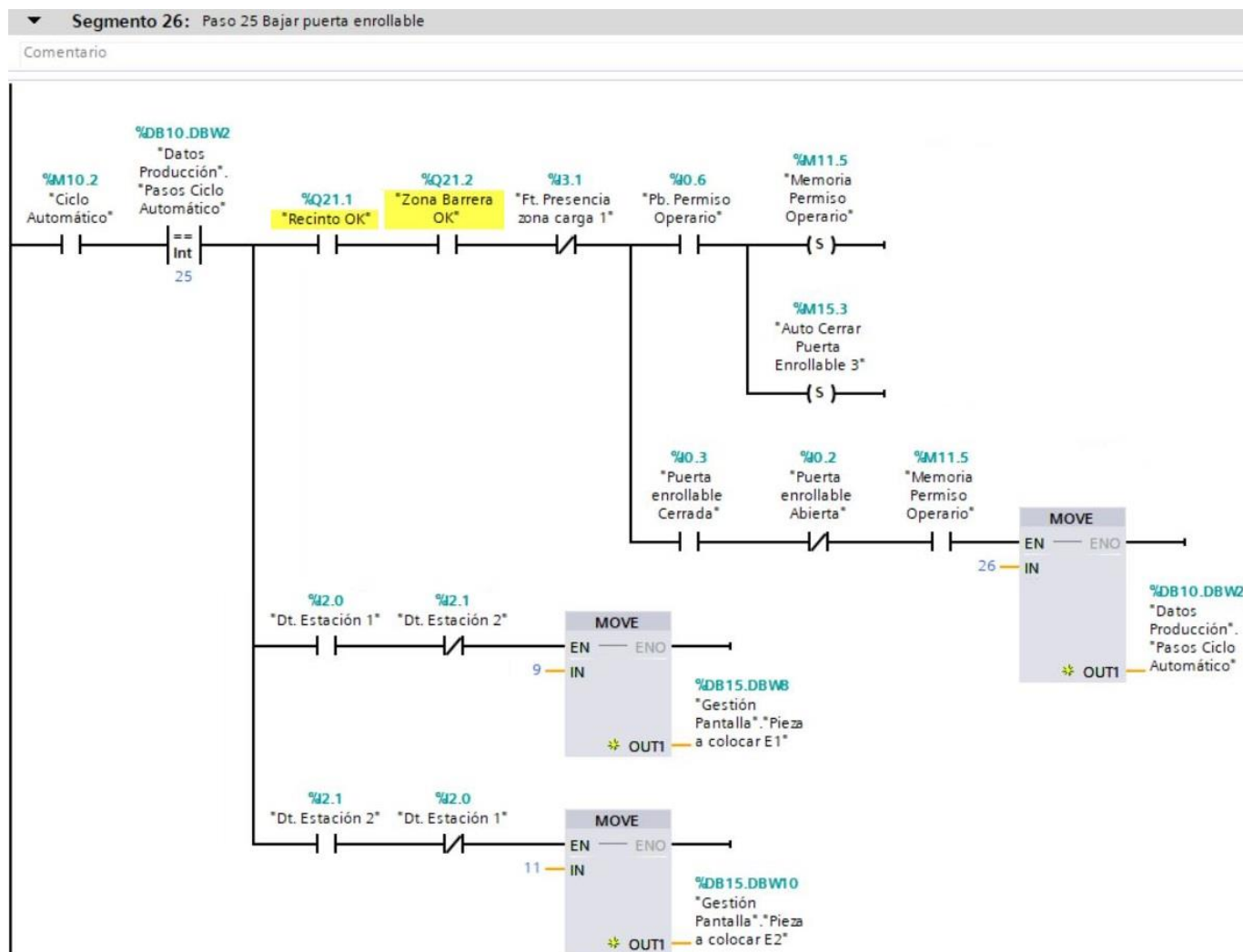


Fig. 110 Paso 25 Bajar la puerta enrollable

6.1.11.13. Encojer el utillaje

Con la puerta enrollable cerrada, el utillaje se retrae para facilitar la descarga del parachoques finalizado. Una vez detectado su cierre, se vuelve a subir la puerta enrollable.

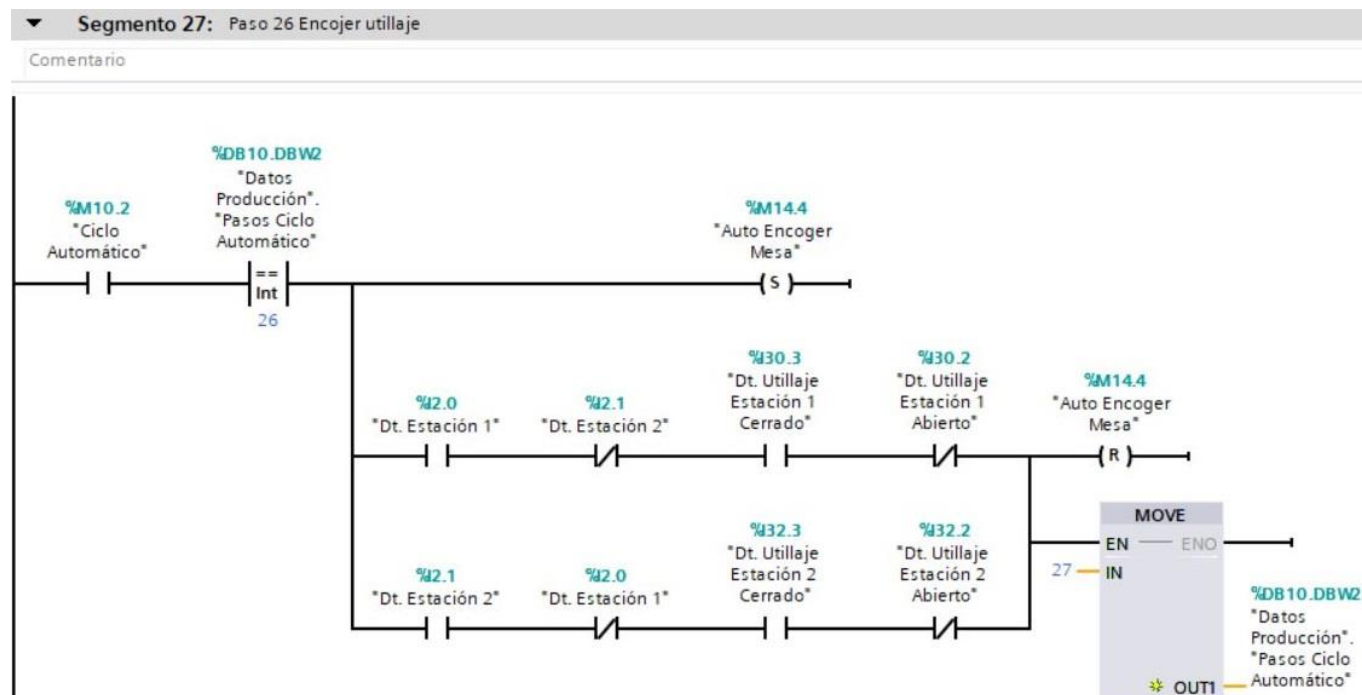


Fig. 111 Paso 26 Encojer el utillaje

6.1.11.14. Subir la puerta enrollable

Una vez cerrado el utillaje, la puerta enrollable se vuelve a subir para permitir la descarga del parachoques. Una vez detectada su subida, se avanza al último paso del ciclo.

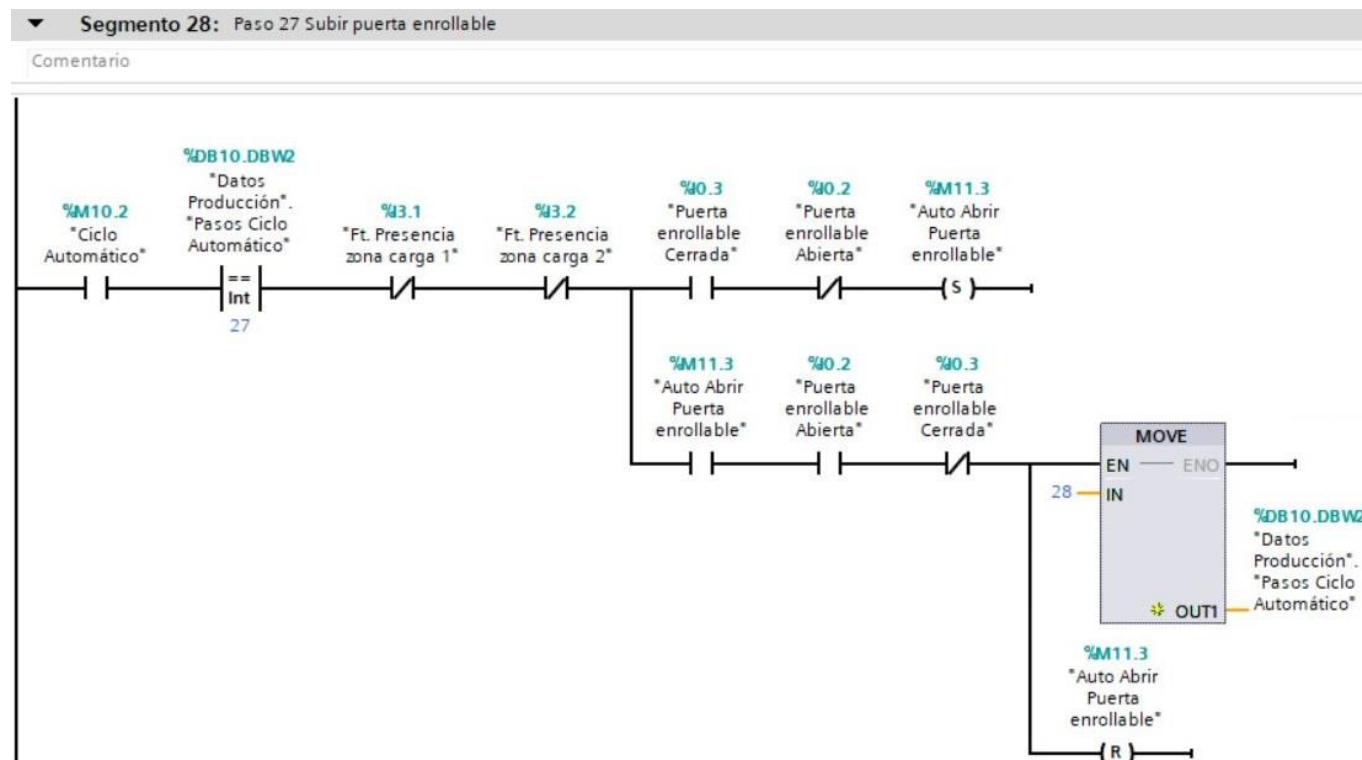


Fig. 112 Paso 27 Subir la puerta enrollable

6.1.11.15. Fin del ciclo automático

En el último paso del ciclo se desactivan las ventosas que sujetan el parachoques para poder descargarlo. Una vez que se deja de detectar el parachoques con los sensores ópticos de presencia, se resetean todas las señales utilizadas que aún no se hayan reseteado y se vuelve a llevar el ciclo al paso 0, para iniciar la producción de la siguiente pieza.

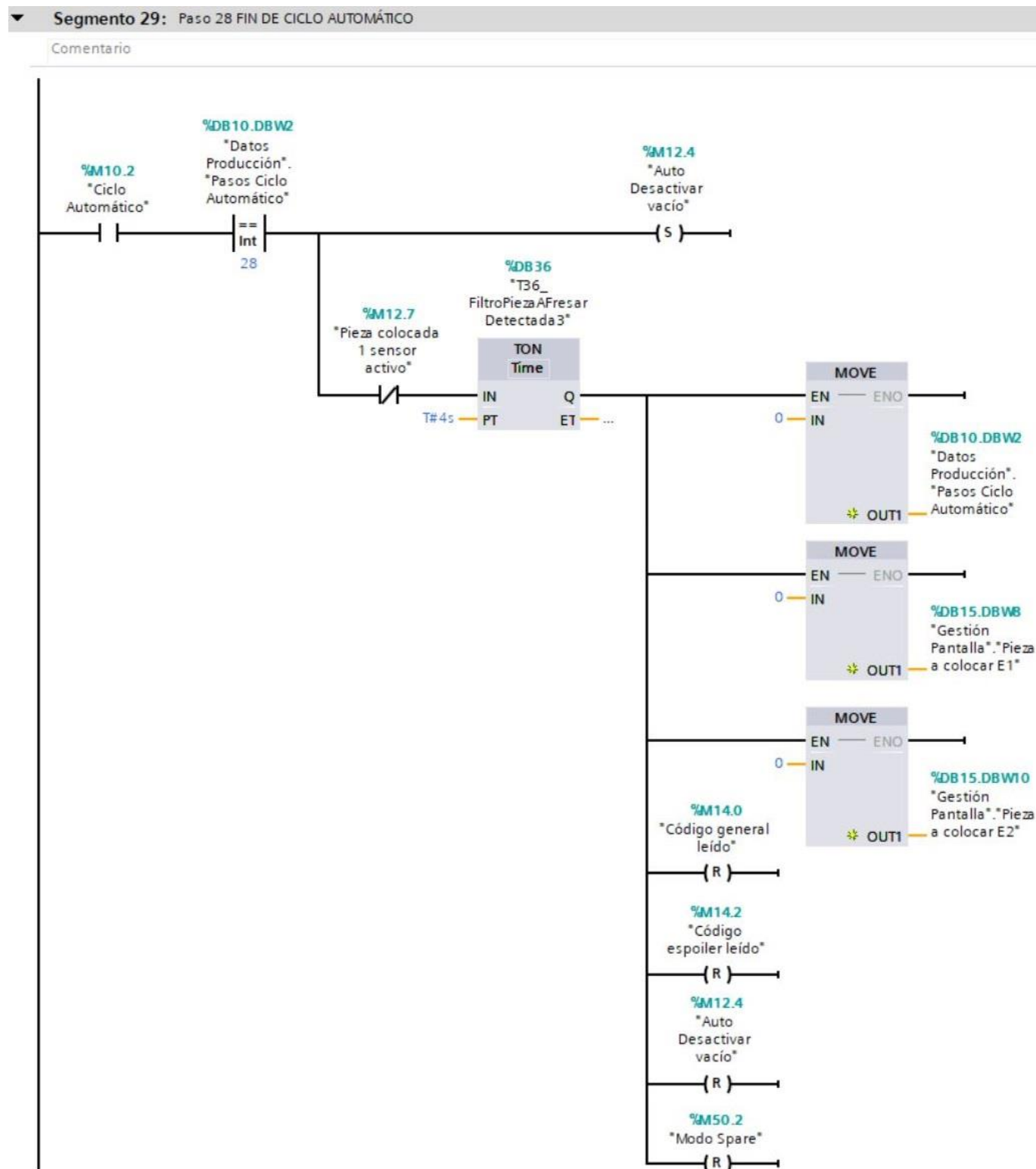


Fig. 113 Paso 28 Fin del ciclo automático

6.1.11.16. Reset del ciclo

Es posible resetear el ciclo en cualquier momento del mismo girando la llave de reset de ciclo del panel de control en modo manual. En este caso será necesario resetear todas las señales utilizadas durante el ciclo, así como volver a llevar el contador de pasos al paso 0. También habrá que poner a 0 las variables de la imagen de la pantalla principal y resetear el contador de tiempo de ciclo.

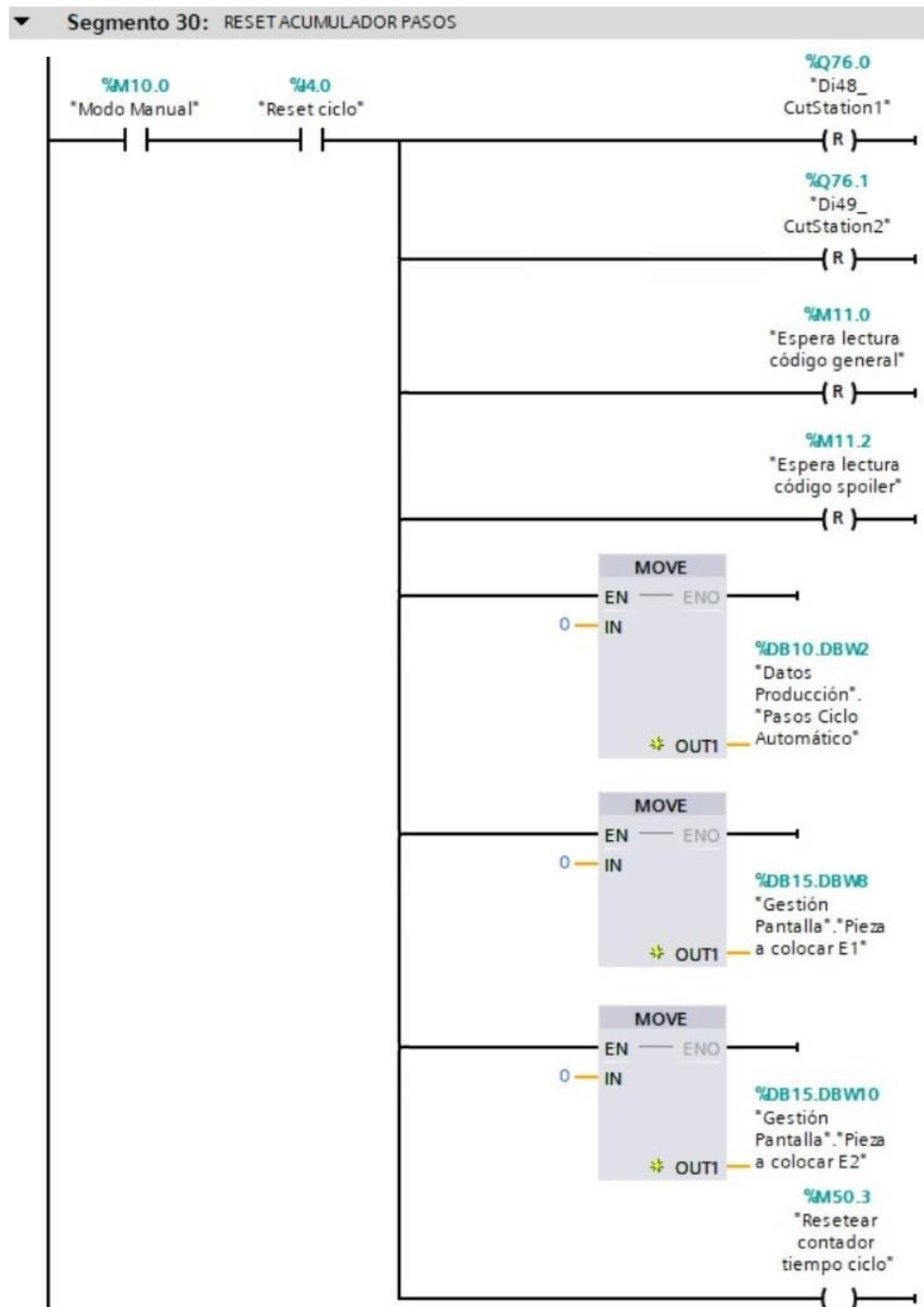


Fig. 114 Reset del ciclo

6.1.12. Puerta trasera (FC5)

En el quinto FC, “Puerta trasera”, se realiza el bloqueo y desbloqueo del cerrojo electrónico de la puerta trasera. Cuando se gire el selector a la posición de “petición de acceso”, en la botonera de la puerta trasera, ésta se desbloqueará, si el robot está parado. Para volver a bloquearla habrá que girar nuevamente el selector a la posición de reposo y pulsar el botón de “fin de intervención”, también en la botonera de la puerta trasera.

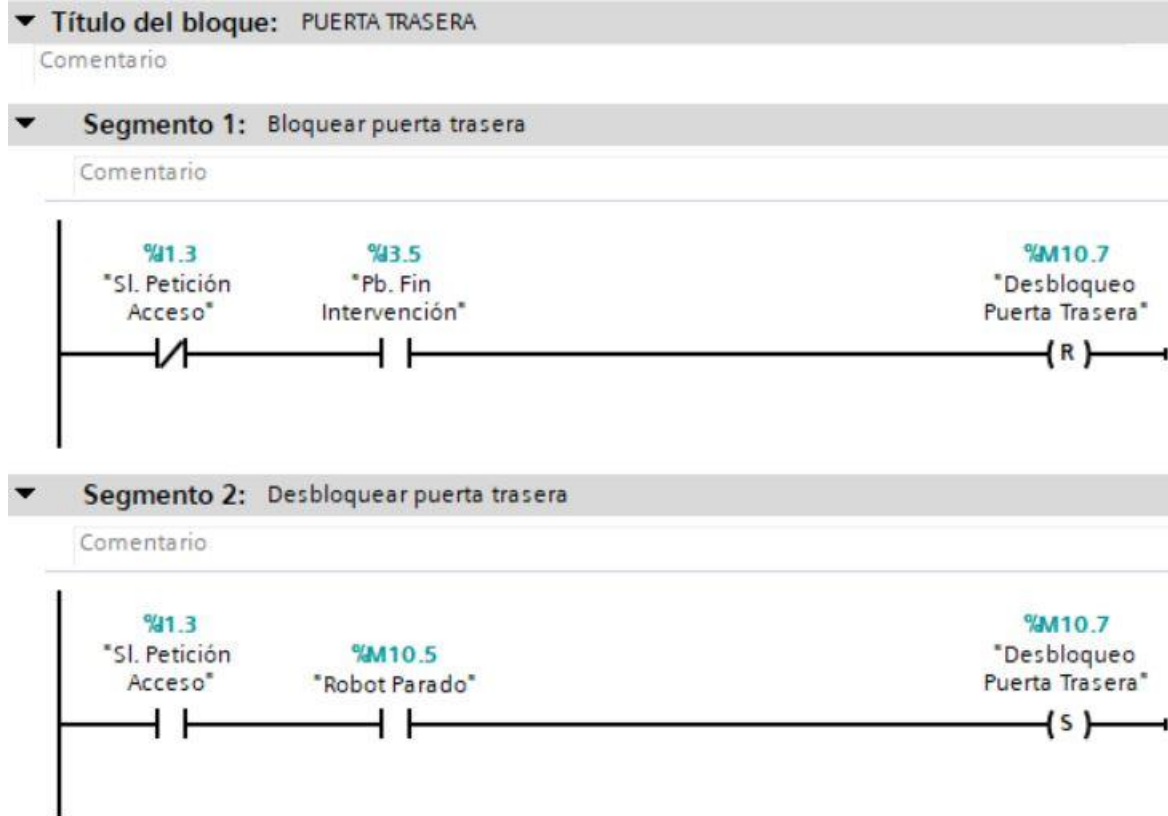


Fig. 115 FC5 Puerta trasera

6.1.13. Código de barras (FC6)

En el sexto FC se lleva a cabo la asignación del código de spoiler correspondiente al código de parachoques leído al principio del ciclo. En el paso 15 del mismo, se comprueba si el código del spoiler leído es el correcto.

Los dos primeros caracteres del código indican si se trata de un parachoques delantero o trasero. Los códigos de los parachoques delanteros empiezan por 01 y los del trasero por 02. Los dos siguientes caracteres indican el color del mismo. A cada color de parachoques le corresponde un código de spoiler del mismo color. Hay 6 colores para el parachoques delantero y 6 para el trasero. El código del spoiler correspondiente al parachoques leído se guarda en la variable “Aux spoiler” del DB “código de barras”. Este valor se compara en el paso 15 del ciclo automático con el código de spoiler leído. Ambos deben coincidir para avanzar al siguiente paso.

Los códigos leídos con la pistola lectora de códigos se guardan en dos campos de texto de la pantalla principal (para el parachoques y para el spoiler respectivamente) en formato alfanumérico. Por lo tanto, se usan bloques VAL_STRG para convertir los códigos predefinidos (de tipo int) a este formato (tipo string).



En el FC7 se reúnen los fallos que se pueden producir en la máquina, cada uno activado por una señal de entrada diferente. Cuando se produzca un fallo, se activará el bit de error correspondiente y se mostrará por pantalla un texto con la descripción del mismo.



6.1.15. Multiplicar delays de s a ms (FC8)

En el FC8 se multiplican los “delays” o retardos a la confirmación de la detección de las piezas auxiliares de segundos a milisegundos. Esto es debido a que el usuario introduce el valor del retardo en la pantalla en segundos, mientras que el PLC trabaja internamente en milisegundos.

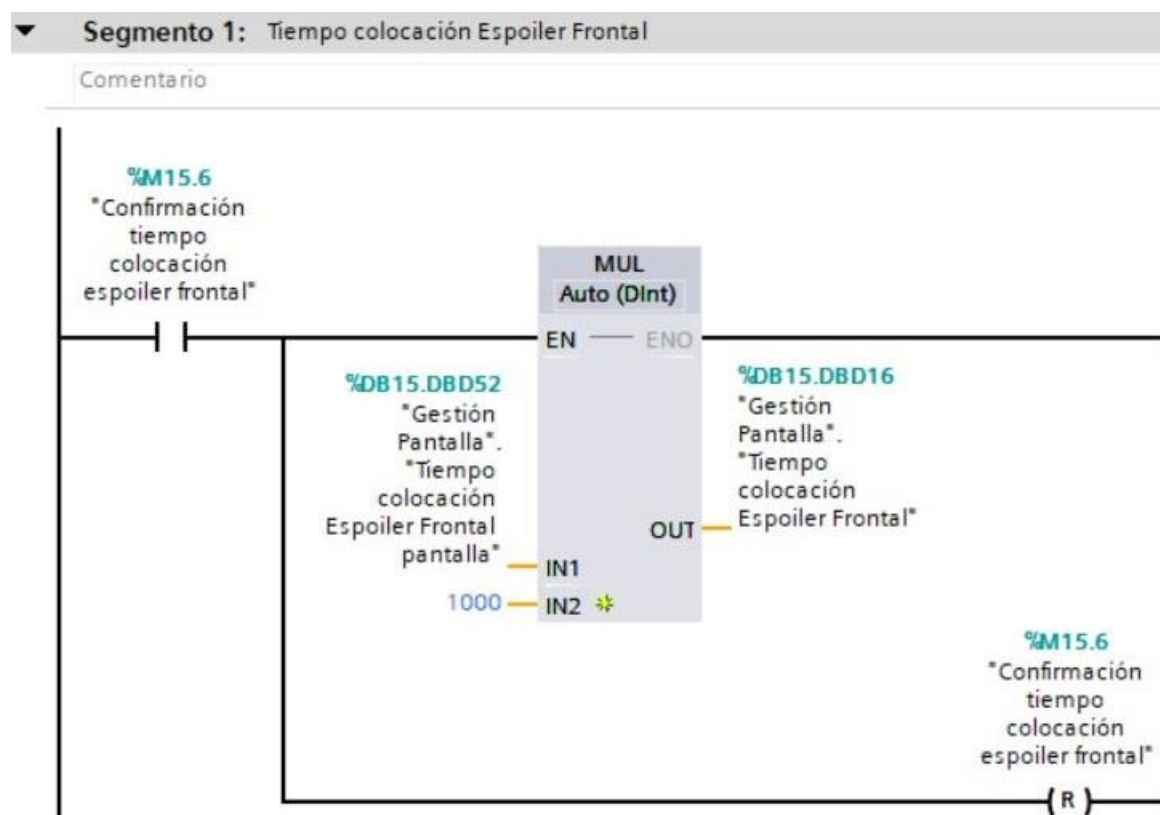


Fig. 118 FC8 Multiplicar delays de ms a s

6.1.16. Señalización (FC9)

En el FC9 se realiza la activación de las luces de la máquina, tanto de los botones y del semáforo como de la propia celda, así como la activación del zumbador del semáforo.

6.1.16.1. Iluminación de la celda

La iluminación de la celda se puede encender y apagar con el selector de la iluminación del panel de control.

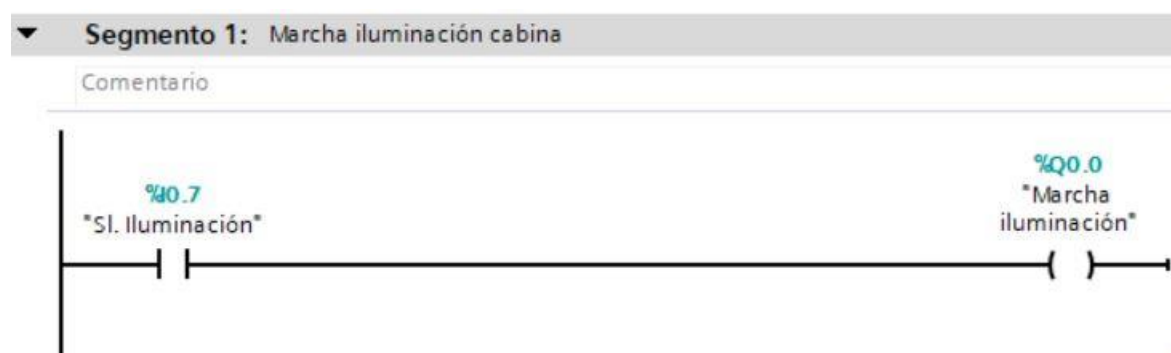


Fig. 119 Iluminación de la celda

6.1.16.2. Luces y zumbador del semáforo

El semáforo o baliza situado en la parte superior del panel de control cuenta con 3 luces y un zumbador que informan de diversos estados de la celda.

Cuando las emergencias no están rearmadas, el zumbador emite un pitido de 1 Hz de frecuencia. Para esto, se usa una señal de reloj del PLC para activar la salida del zumbador con la frecuencia deseada.

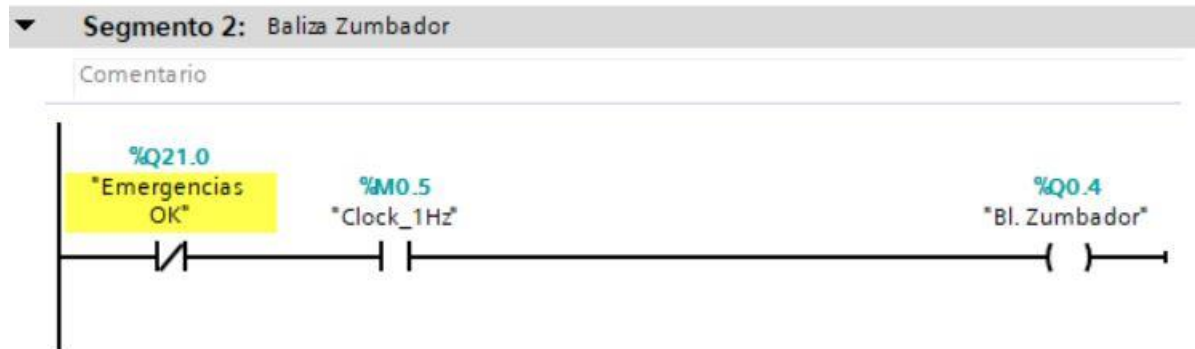


Fig. 120 Zumbador del semáforo

Si la máquina está en ciclo automático, se encenderá la luz verde del semáforo. Esta luz parpadeará si el robot se encuentra en el ciclo de fresado y estará fija en caso contrario.



Fig. 121 Luz verde del semáforo

Cuando la instalación se encuentre en modo manual, estará encendida la luz ámbar del semáforo.

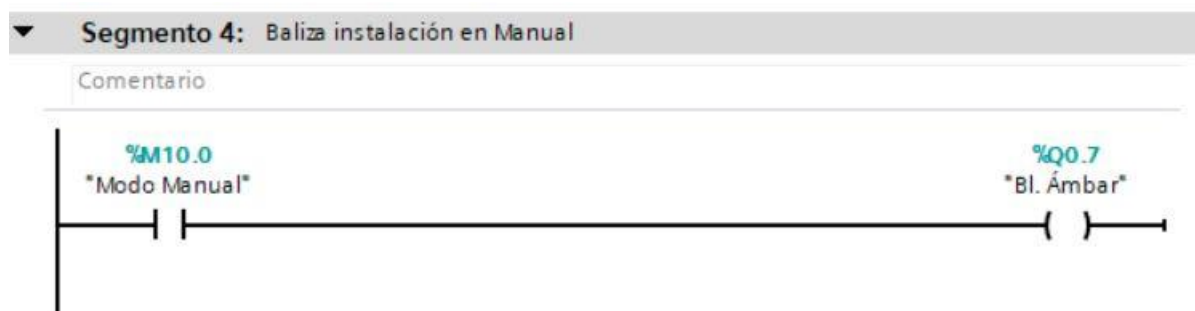


Fig. 122 Luz ámbar del semáforo

La luz roja del semáforo estará encendida siempre que las emergencias no estén rearmadas.

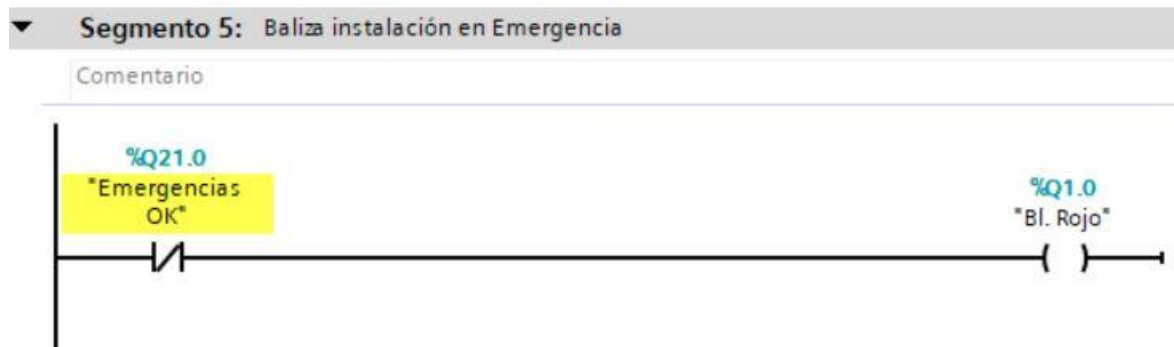


Fig. 123 Luz roja del semáforo

6.1.16.3. Pilotos de los botones

Algunos botones y selectores cuentan con luces que informan de estados de la máquina relacionados con los mismos.

Para el piloto del permiso de entrada a la celda de la botonera de la puerta trasera, éste estará encendido cuando la puerta trasera esté desbloqueada y el robot parado o haya un permiso de entrada, parpadeando cuando la puerta trasera esté bloqueada, pero el selector de petición de acceso en la posición de solicitar acceso a la celda y apagado cuando la puerta esté bloqueada y no haya una petición de acceso.

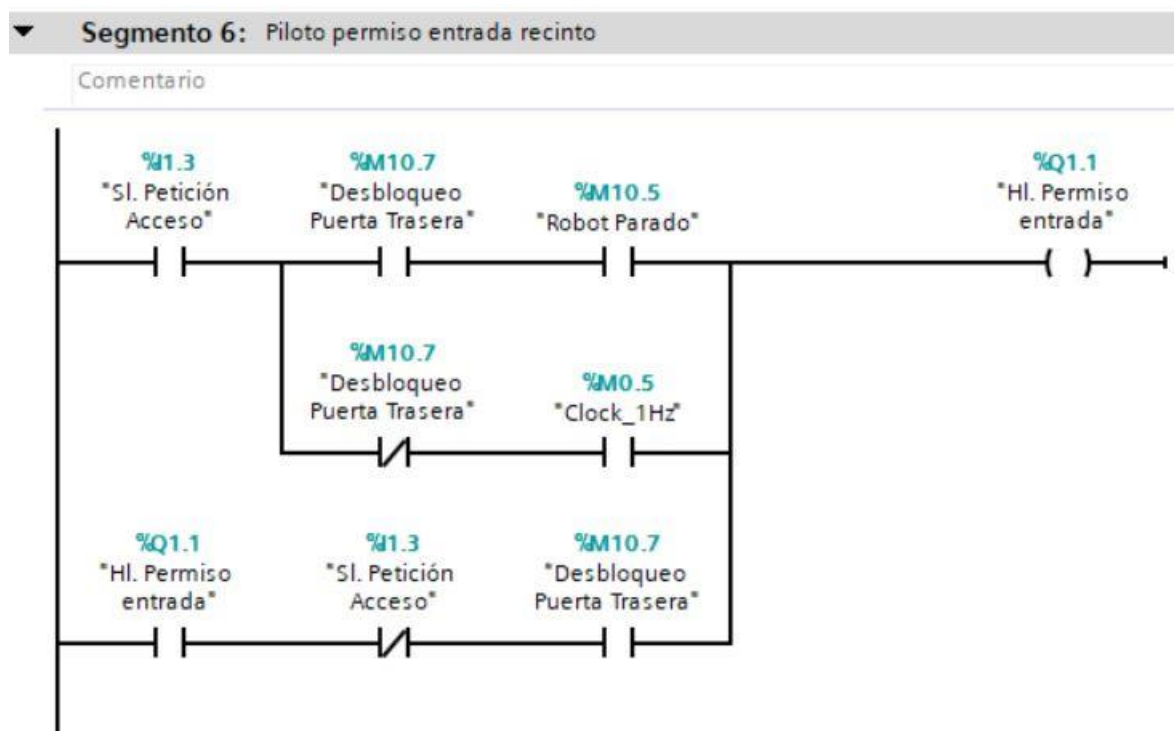


Fig. 124 Piloto permiso de entrada a la celda

Cuando la puerta trasera esté cerrada y bloqueada, el piloto verde de la botonera de la puerta trasera estará encendido.



Fig. 125 Piloto puerta trasera OK

La luz del selector de petición de acceso de la puerta trasera estará encendida cuando éste se encuentre girado a la posición de petición de acceso.



Fig. 126 Piloto selector de petición de acceso

La luz del botón de rearme perímetro estará encendida cuando el perímetro y la barrera fotoeléctrica de la parte frontal se encuentren rearmados.

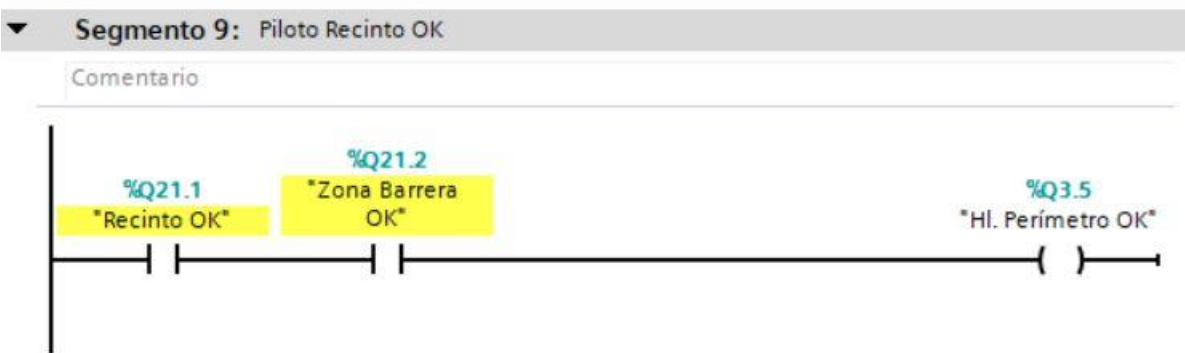


Fig. 127 Piloto recinto OK

6.1.17. Mesa (FC10)

En el FC10 se realiza el control del variador del motor que realiza el giro de la mesa a las dos estaciones.

6.1.17.1. Condiciones de giro de la mesa

Las condiciones de giro de la mesa incluyen el estar rearmadas las emergencias, el perímetro de la zona de trabajo y la barrera fotoeléctrica. La puerta enrollable debe estar bajada, así como el centrador de la mesa. A mayores, no puede haber un parachoques colocado en el utillaje.

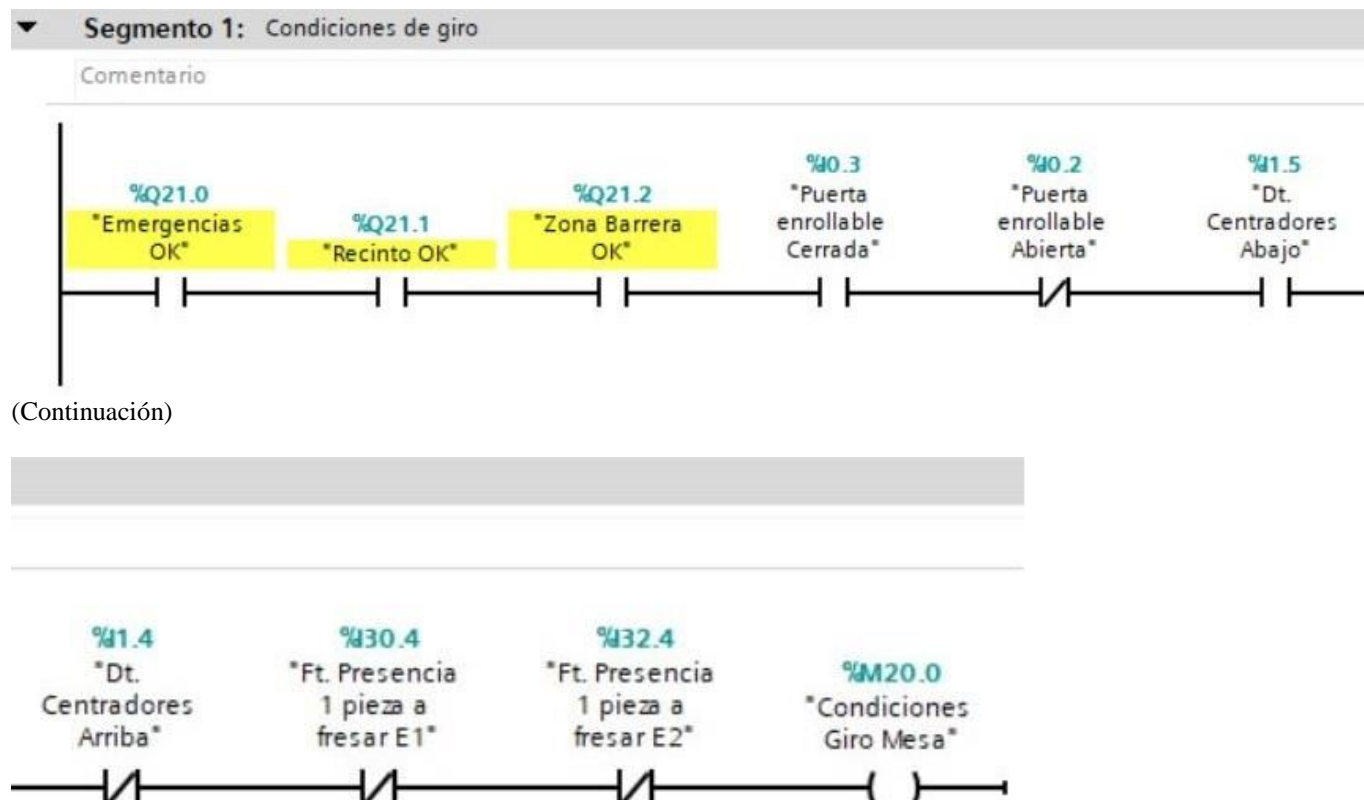


Fig. 128 Condiciones de giro de la mesa

6.1.17.2. Giro de la mesa

La orden de giro de la mesa en ambos sentidos (denotados + y -) se llevará a cabo cuando se produzca una orden de movimiento en un sentido, en modo manual o automático, siempre que la mesa no se encuentre ya en la estación a la que se pretende girar y si se cumplen las condiciones de giro.

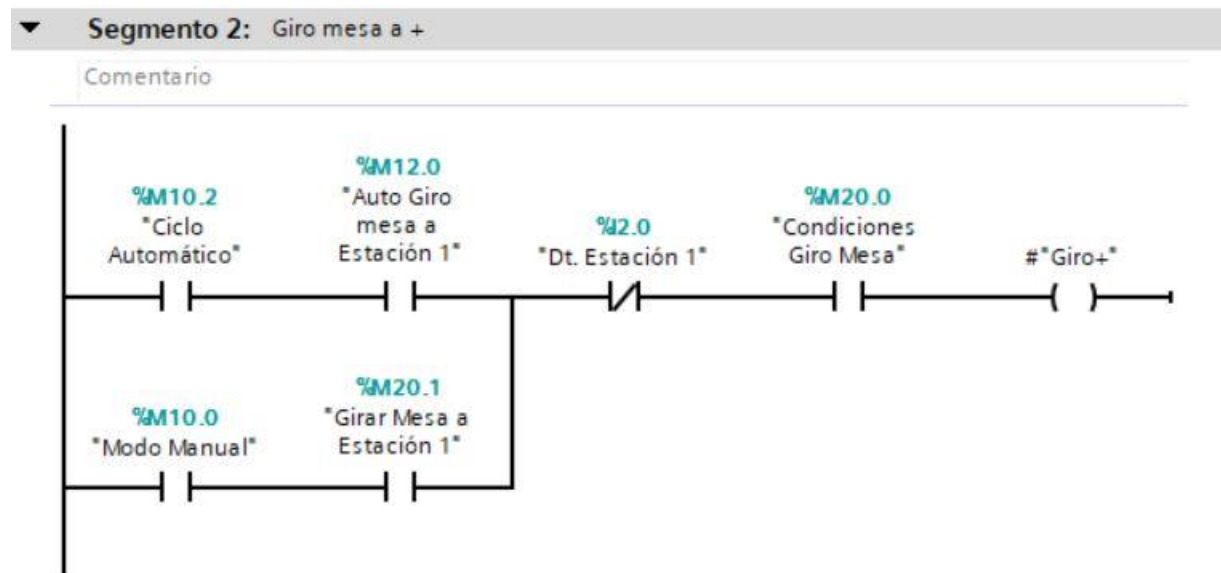


Fig. 129 Giro de la mesa

6.1.17.3. Reset del variador

Antes de iniciar el giro de la mesa, es necesario enviarle una orden de reset al variador. Para esto, se envía la orden de reset durante 200 milisegundos a través de una palabra de comunicación (word), compuesta de 2 bytes. Las órdenes y las consignas de velocidad se envían al variador a través de sendas palabras.

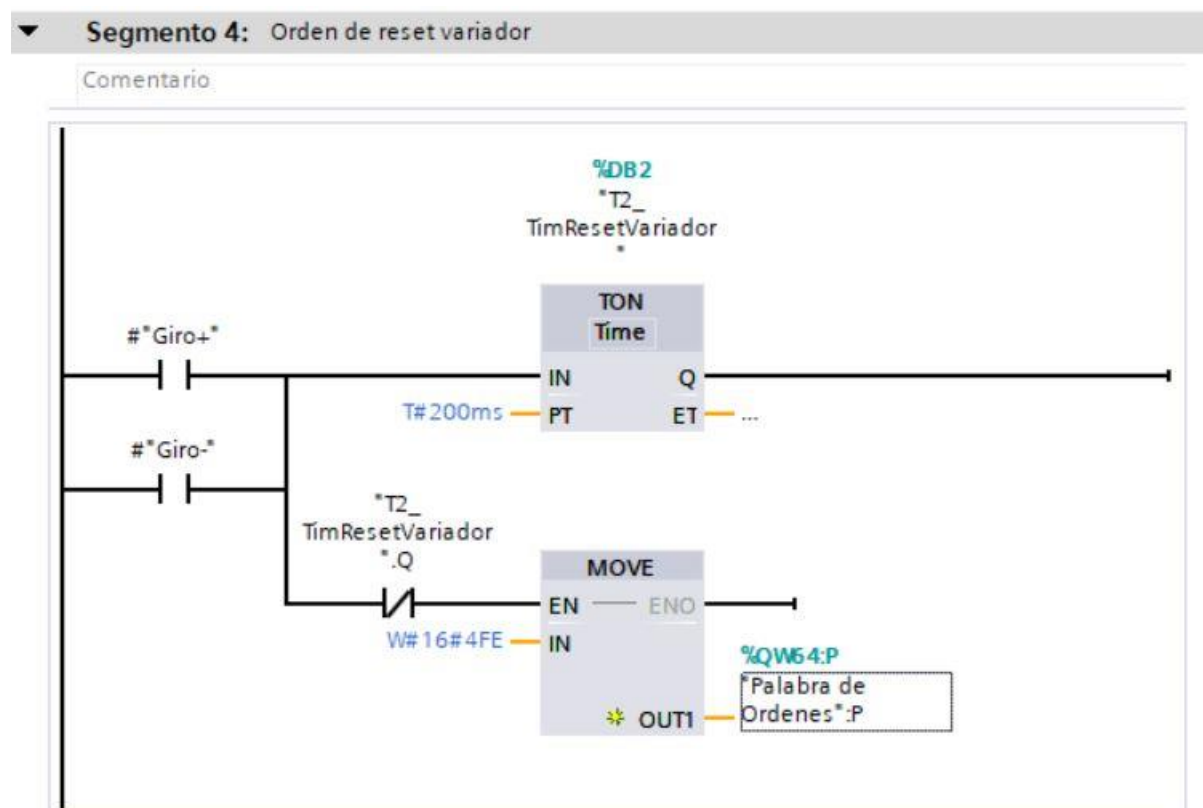


Fig. 130 Orden de reset del variador

6.1.17.4. *Marcha del variador*

Tras enviar la orden de reset al variador, se envía la orden de marcha durante 200 milisegundos.

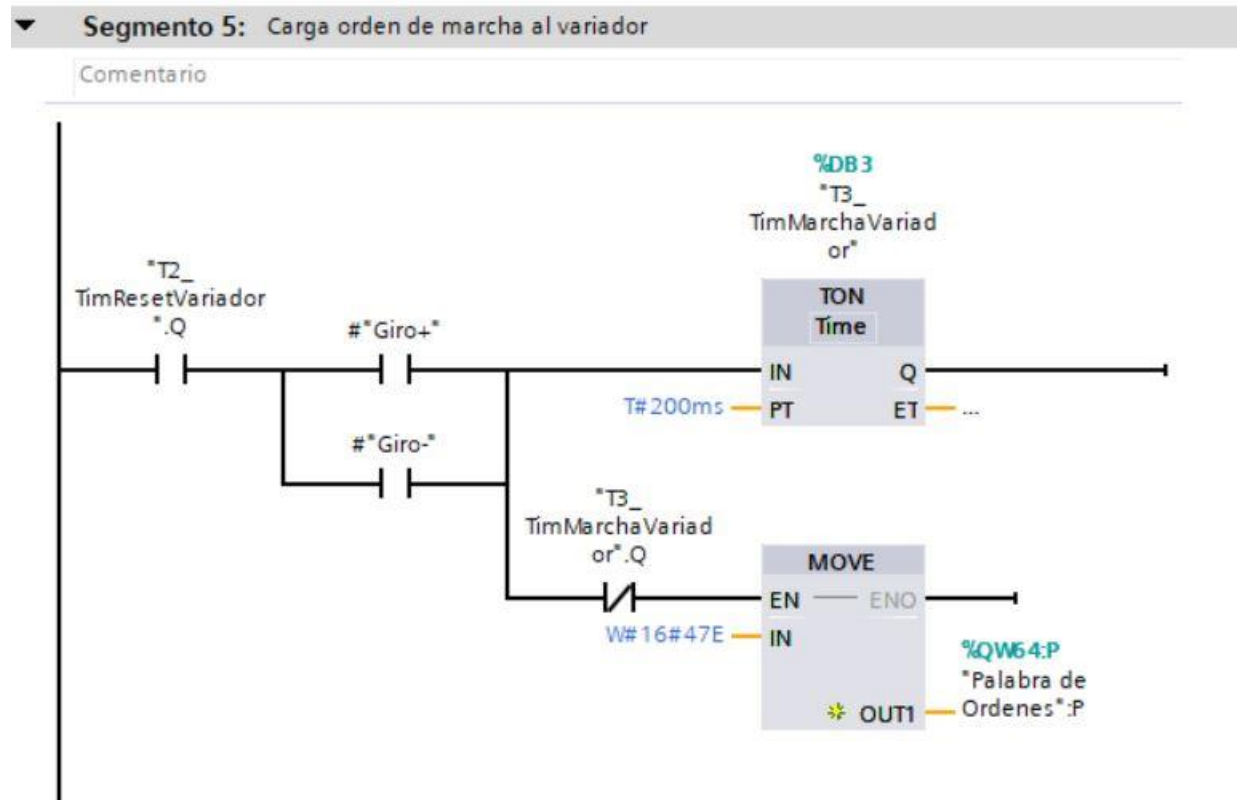


Fig. 131 Orden de marcha del variador

6.1.17.5. *Orden de movimiento del variador*

Tras enviar la orden de marcha, se envía la orden de movimiento en el sentido de giro seleccionado.

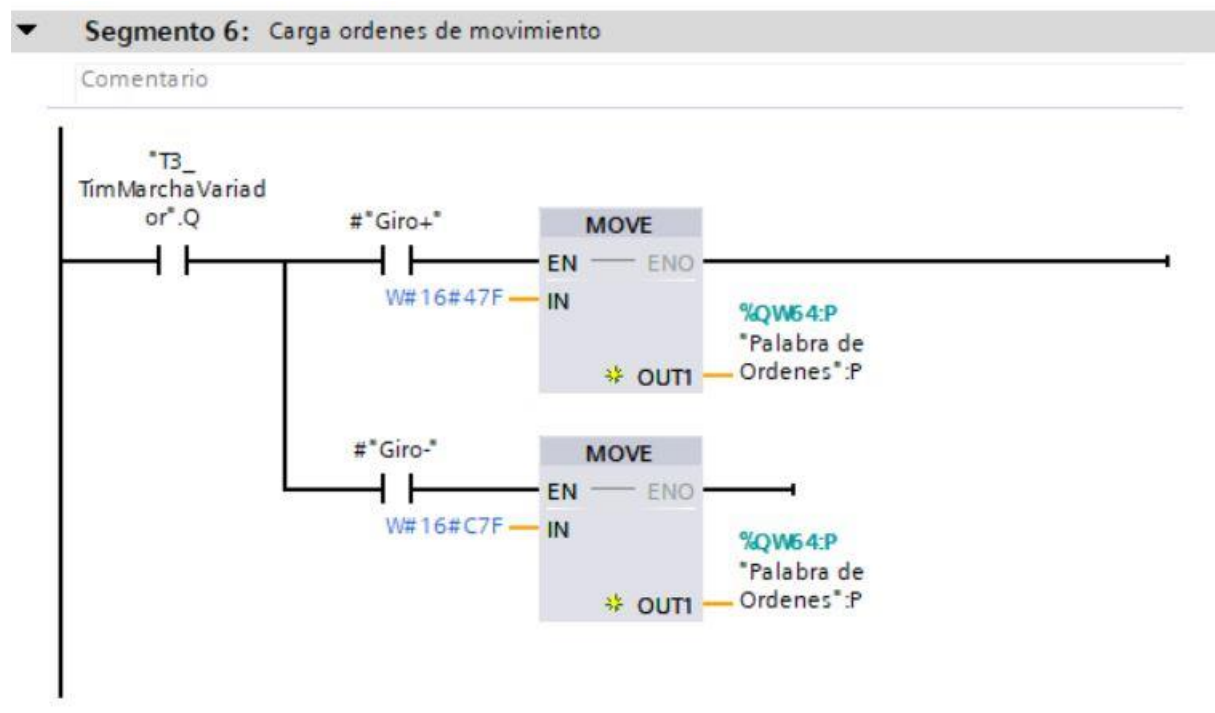


Fig. 132 Orden de movimiento del variador

6.1.17.6. Consigna de velocidad del variador

También tras enviar la orden de marcha se envía la consigna de velocidad a través de la palabra de consigna. El FC100, "Normaliza frecuencias" permite enviar el valor de velocidad deseado en función de la frecuencia de entrada. Solamente se usará el giro a 50 Hz en los dos sentidos.

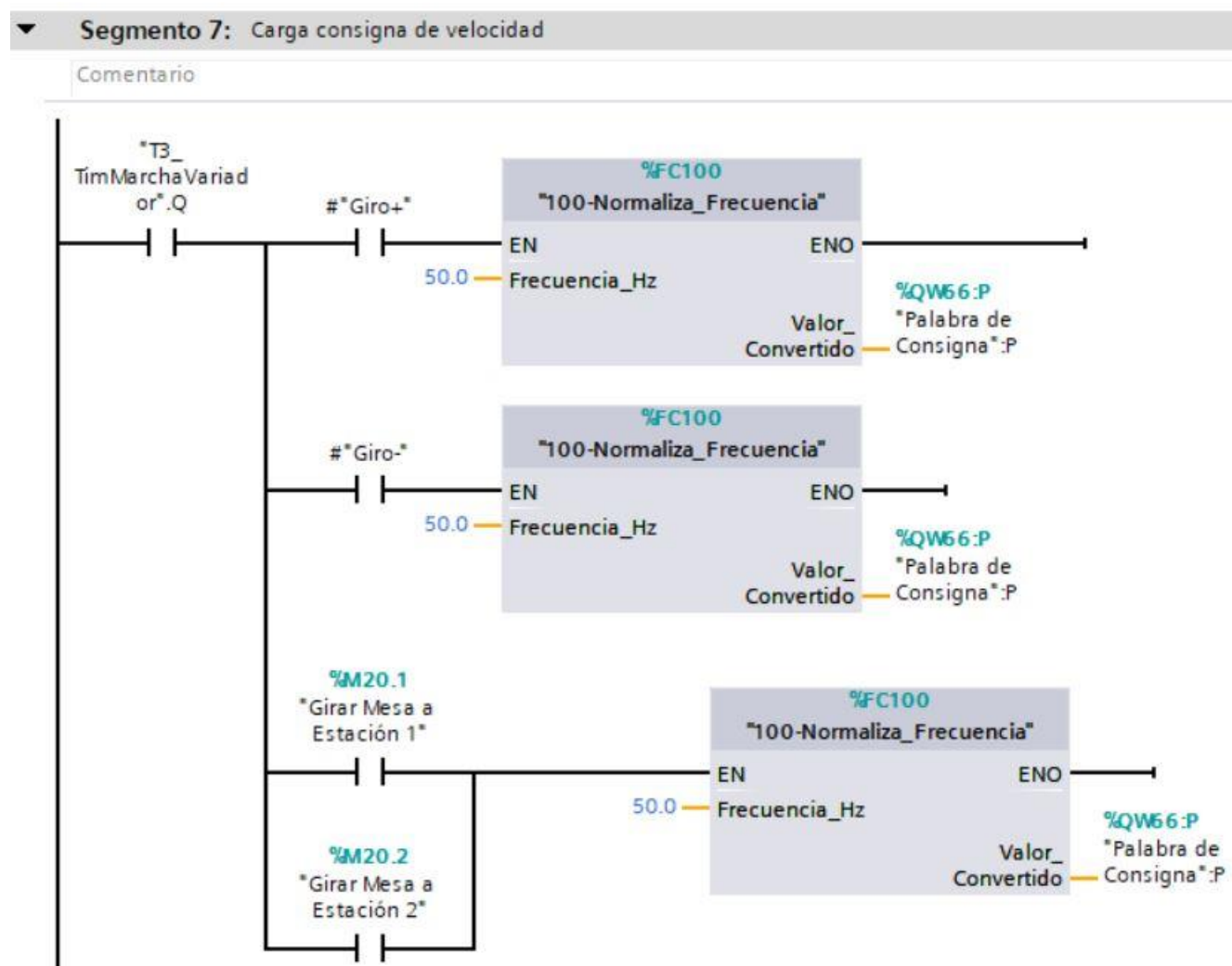


Fig. 133 Consigna de velocidad del variador

6.1.17.7. Detener variador

Por último, una vez finalizado el giro, se carga un 0 en la palabra de consigna y en la de órdenes.

Segmento 8: Carga cero en consigna y en ordenes en variador

Comentario

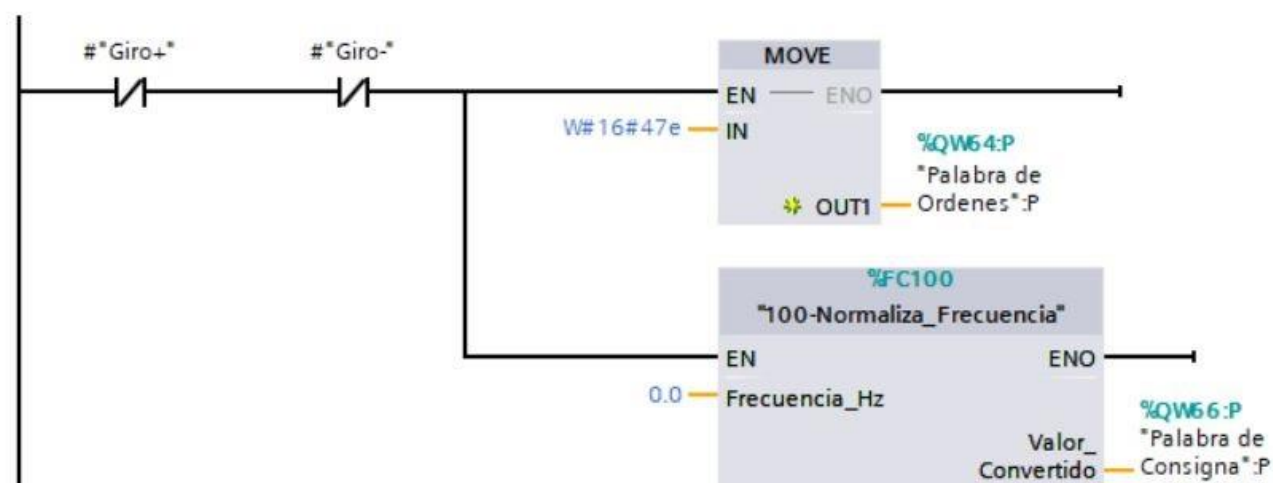


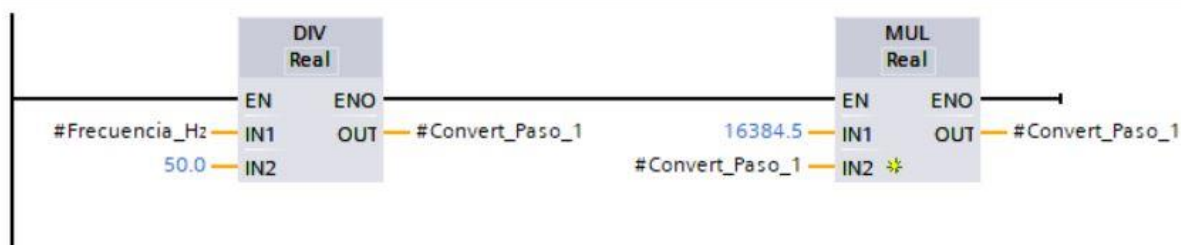
Fig. 134 Detener el variador

6.1.18. Normalizar Frecuencias (FC100)

En el FC100 se normaliza el valor de frecuencia usado como consigna para el variador. Para ello, se divide la frecuencia de entrada entre 50 (la frecuencia a la que trabaja el variador), se multiplica por la mitad del valor máximo del tipo int y se “trunca” (se coge la mitad del dato) de real a entero, obteniendo así el valor de salida en formato word, que será el que se envíe en la palabra de consigna al variador.

Segmento 1: Normaliza valor de frecuencia

Comentario



Segmento 2: Carga valor de frecuencia

Comentario

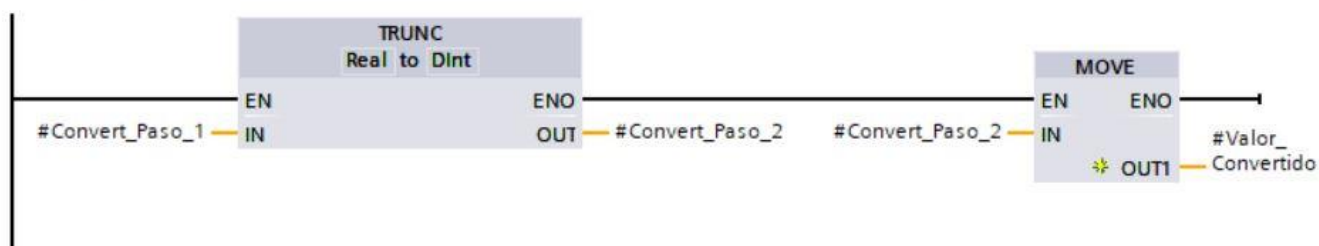


Fig. 135 FC100 Normalizar frecuencias

6.1.19. Scripts de Visual Basic

A mayores de la programación en lenguaje KOP, es posible realizar scripts en Visual Basic (lenguaje de programación de alto nivel) para realizar ciertas tareas que no sea posible programar en KOP o cuya realización sea más difícil.

Para activar automáticamente los campos de texto de la pantalla principal en los que se introducen los códigos de barras de parachoques y spoiler sin tener que seleccionarlos manualmente, se usa un script que selecciona automáticamente el campo correspondiente en los pasos del ciclo automático donde se realiza el escaneo de los dos códigos.

```

1 Sub Activar_campos_ES()
2 'Activación de los campos de E/S para la lectura del código general y del spoiler
3
4 Dim IOFIELD
5 Dim paso_actual
6
7 paso_actual = SmartTags("Datos Producción_Pasos Ciclo Automático")
8
9 If paso_actual = 1 Then                                ' activar campo E/S código general
10     Set IOFIELD = HmiRuntime.Screens("1-PRINCIPAL").ScreenItems("Campo ES_1")
11     IOFIELD.Activate
12 ElseIf paso_actual = 15 Then                          ' activar campo E/S código spoiler
13     Set IOFIELD = HmiRuntime.Screens("1-PRINCIPAL").ScreenItems("Campo ES_2")
14     IOFIELD.Activate
15 End If
16
17 End Sub

```

Fig. 136 Script seleccionar campos de texto

Para cambiar el idioma del HMI entre castellano, inglés y checo, se usa una variable que se incrementa pulsando el botón con la bandera en la parte superior izquierda de la pantalla. Esta variable, “conmutar idioma”, valdrá 0, 1 o 2 en función del idioma seleccionado. La imagen de la bandera del botón de cambiar el idioma irá asociada igualmente al valor de esta variable. Cuando la variable es igual a 2 y se pulsa nuevamente el botón, se devuelve a 0 su valor usando un script, de forma que se pase de seleccionar el tercer idioma a seleccionar nuevamente el primero.

```

1 Sub Reset_conmutar_idioma()
2
3 'Resetear la variable conmutar idioma
4
5 If SmartTags("Gestión Pantalla_ConmutarIdioma") = 3 Then
6     SmartTags("Gestión Pantalla_ConmutarIdioma") = 0
7 End If
8
9 End Sub

```

Fig. 137 Script conmutar idioma

6.1.20. Conexión remota al PLC

Es posible conectarse remotamente al PLC sin tener un portátil físicamente conectado al switch de puertos de red del armario eléctrico o al PLC directamente, mediante un equipo de conexión remota conectado a este mismo switch. Esto permite dar asistencia técnica en caso de haber algún problema con la máquina sin necesidad de desplazar un técnico hasta la localización de la misma.

Esta conexión remota se realiza a través de una red privada virtual o VPN (Virtual Private Network). Una VPN permite establecer una red privada entre la máquina y un ordenador a través de una red pública, como internet. La conexión se establece por medio de un dispositivo de conexión remota “Ewon”. Este dispositivo está conectado a internet a través de un cable de red con la conexión de la fábrica. También cuenta con un módulo GSM/3G, para conectarse a internet a través de la red móvil, en caso de que caiga la conexión de red de la fábrica.

El “Ewon” conecta el PLC a su servicio de conexión remota en la nube, que actúa de “host”. El técnico accede desde su ordenador a este mismo servicio mediante el software “eCatcher”, desarrollado para gestionar las conexiones remotas a través de dispositivos “Ewon”. El técnico deberá introducir un usuario y contraseña en este programa para acceder a su lista de conexiones remotas disponibles. La comunicación está cifrada entre el dispositivo y el punto de acceso remoto. El protocolo de comunicación usado se denomina “Talk2M” (“Talk to Machine”, o hablar a la máquina).

Una vez conectado a este servicio, se podrá acceder al programa en línea del PLC a través del software TIA Portal, como si el ordenador estuviese físicamente conectado al PLC.

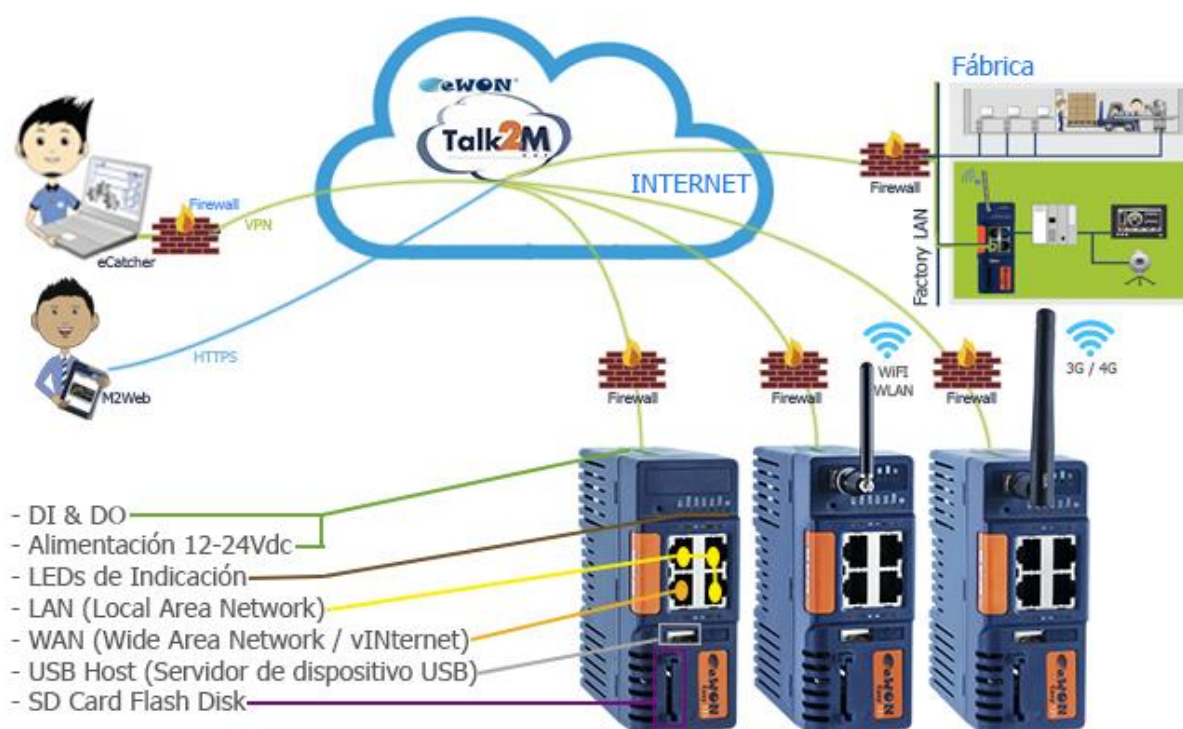


Fig. 138 Conexión remota al PLC a través de una VPN

6.2 PROGRAMACIÓN DEL ROBOT

6.2.1. Descripción del robot empleado

El robot utilizado para realizar el fresado es un IRB 4600 de ABB. Este modelo de robot es empleado para realizar multitud de tareas, como soldadura, montaje, paletizado o como máquina herramienta, como es el caso. Tiene una capacidad de carga de entre 20 y 60 kilogramos, según las variantes del modelo, y un alcance del brazo de entre 2,05 y 2,55 metros. Su consumo energético oscila entre los 1,43 y 1,62 kilowatios y la repetitividad de su posicionamiento en un mismo punto es del orden de 0,05 milímetros. Cuenta con un brazo articulado de 6 ejes que le permite una amplia capacidad de movimiento y moverse a gran velocidad.

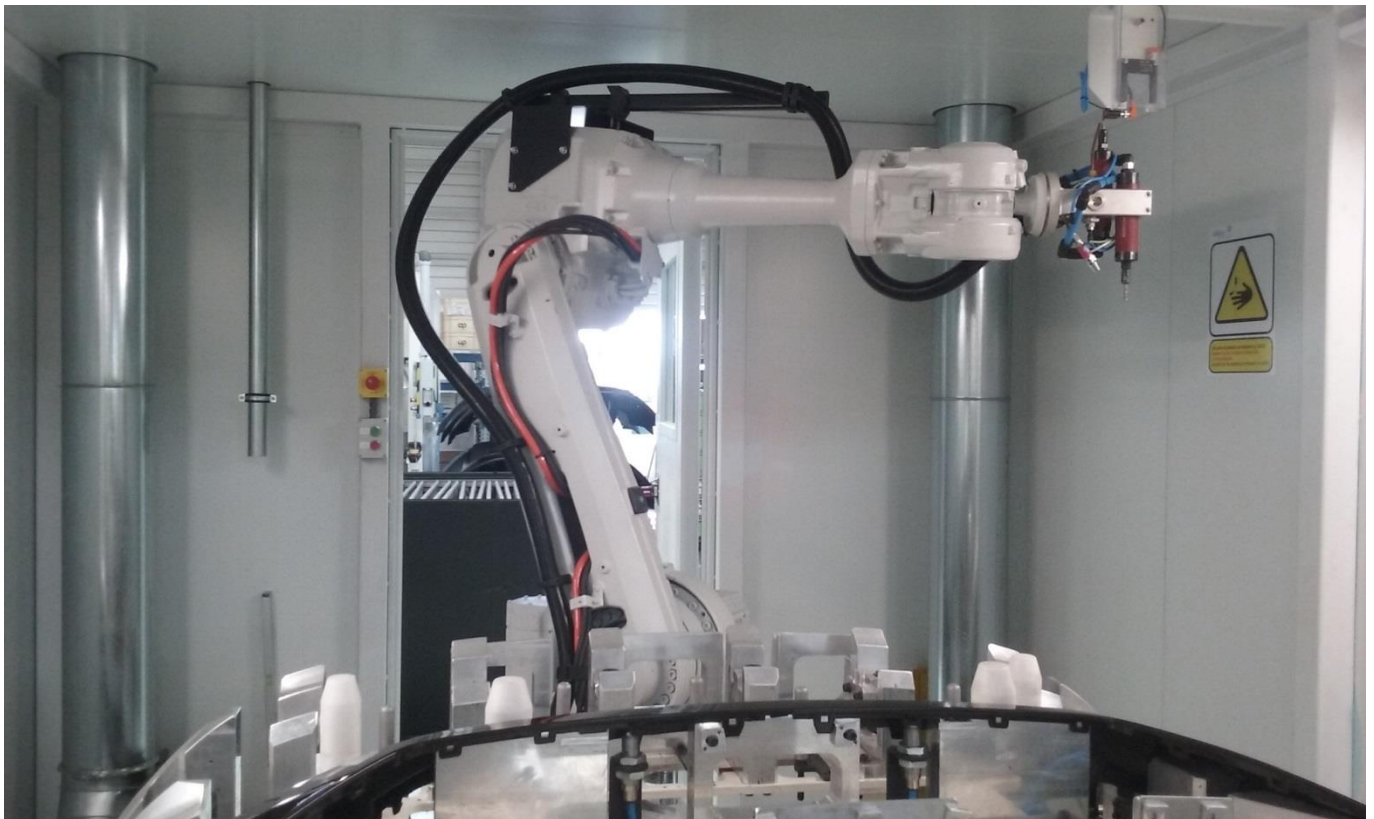


Fig. 139 Robot IRB 4600 (ABB)

6.2.2. Descripción del entorno de programación

La programación del robot se realiza desde la consola del robot y mediante el programa RobotStudio. Generalmente, el movimiento del robot y la grabación de los puntos se realiza desde la consola, mientras que el programa RobotStudio se usa para realizar la estructura del programa y crear las diversas rutinas y funciones incluidas en el programa del robot. El software también permite realizar simulaciones del movimiento del robot utilizando distintas herramientas en su cabezal y elementos externos, como utillajes o cintas transportadoras.

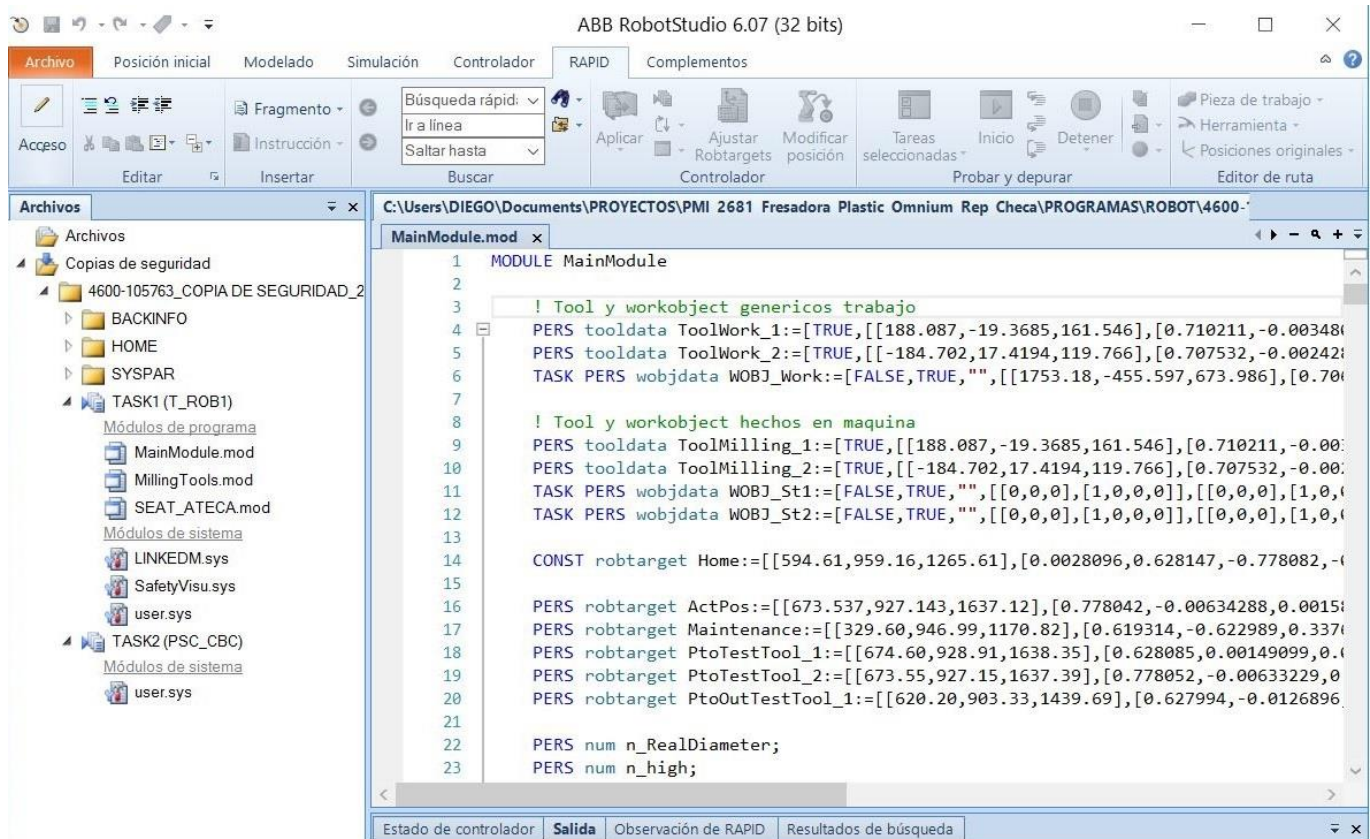


Fig. 140 Programa RobotStudio

6.2.3. Descripción del lenguaje RAPID

El lenguaje utilizado para la programación de los robots ABB se denomina RAPID. Es un lenguaje de programación de alto nivel, en el que el puntero del programa avanza ejecutando cada instrucción línea a línea. Se pueden crear variables de diversos tipos, como numérico o booleano, a mayores de variables espaciales de tipo punto (robtarget), de tipo herramienta (tooldata) o de tipo objeto o plano de trabajo (wobjdata).

Un dato de tipo punto incluye 3 coordenadas espaciales (x, y, z), 4 componentes de orientación, expresados en cuaternios (una notación matemática para representar las orientaciones y rotaciones de objetos en tres dimensiones), 4 parámetros de configuración de ejes y 6 parámetros para la configuración de hasta 6 ejes externos (elementos móviles que trabajen conjuntamente con el robot).

Cuando se graba un punto desde la consola del robot, éste se guarda con respecto a una herramienta de trabajo y a un plano de trabajo. Se pueden definir diversas herramientas y planos de trabajo. Por defecto, éstos se denominan tool0 y wobj0 respectivamente. El punto (0,0,0) del wobj0, con la herramienta tool0, estará situado exactamente en el centro del eje 6 del robot, en el extremo del brazo, donde se acopla la herramienta al robot.

Para cada herramienta que se coloque en el robot es conveniente crear su respectivo tooldata, gracias al cual se podrá mover y programar el robot con respecto al extremo de la herramienta (por ejemplo, el extremo de la broca, en este caso), en vez de con respecto al extremo del brazo, donde se coloca la herramienta.

Para crear un tooldata se utiliza un cono o puntero de programación y una rutina del robot que permite definir la herramienta a partir de 5 puntos grabados con respecto al cono. El extremo de la herramienta, donde se pretende crear el origen de coordenadas de la misma, se apunta hacia el cono con 3 ángulos de aproximación diferentes (preferiblemente con 120º de separación entre ellos, aproximadamente). Se graban los 3 puntos y se sitúa la herramienta encima del cono, donde se graba el cuarto punto. A continuación, se aleja la herramienta del cono unos centímetros. En esta posición se graba el quinto punto que definirá la herramienta. También es necesario especificar el peso de la misma, a efectos del cálculo de la velocidad de los movimientos del robot.

También es conveniente crear un wobjdata del objeto o plano de trabajo. Esto permite que si se mueve el utillaje sobre el que trabaja el robot, por ejemplo, sólo haya que modificar el plano de trabajo, en vez de modificar todos los puntos grabados. Para esta aplicación se han creado dos tooldata (uno para cada broca) y dos wobjdata (uno para cada estación de trabajo).

6.2.4. Estructura del programa

El programa del robot se compone de 3 módulos de programación, a mayores de otros módulos y archivos de sistema.

El módulo principal, “MainModule”, será en el que se inicie la ejecución del programa. En este se llevará a cabo la selección del programa de fresado a realizar y diversas funciones, como llevar el robot a la posición de mantenimiento o activar las brocas y sopladores. En el módulo “MillingTools” se incluyen rutinas auxiliares del fresado, como crear agujeros circulares o rectangulares en la pieza de las dimensiones deseadas. Por último, en el módulo “SEAT_ATECA” se encuentran las rutinas de fresado de los parachoques en las dos estaciones.

Entre los archivos de sistema del robot se incluye el denominado “EIO”. Este archivo contiene el listado de las señales de entrada y salida del robot, que componen la comunicación por profinet entre robot y PLC.



Fig. 141 Estructura del programa del robot

6.2.5. Módulo principal

En la parte superior del módulo principal se encuentran las declaraciones de las herramientas y objetos de trabajo creados, así como los puntos predefinidos, tales como el punto de “home” o posición de reposo del robot, el punto de la posición de mantenimiento o los puntos de test de las herramientas en el detector del estado de las mismas. A continuación de estos se sitúan las declaraciones de las variables numéricas y booleanas empleadas. Por último, se sitúan las variables de velocidad de movimiento. Éstas se componen de 4 parámetros: velocidad del TCP (“Tool Center Point”, punto de origen de coordenadas de la herramienta), velocidad de orientación, velocidad lineal y velocidad de rotación.

```

1  MODULE MainModule
2
3      ! Tool y workobject genericos trabajo
4  PERS tooldata ToolWork_1:=[TRUE,[188.087,-19.3685,161.546],[0.710211,-0.003
5  PERS tooldata ToolWork_2:=[TRUE,[184.702,17.4194,119.766],[0.707532,-0.002
6  TASK PERS wobjdata WOBJ_Work:=[FALSE,TRUE,"",[1753.18,-455.597,673.986],[0.
7
8      ! Tool y workobject hechos en maquina
9  PERS tooldata ToolMilling_1:=[TRUE,[188.087,-19.3685,161.546],[0.710211,-0.
10 PERS tooldata ToolMilling_2:=[TRUE,[184.702,17.4194,119.766],[0.707532,-0.
11 TASK PERS wobjdata WOBJ_St1:=[FALSE,TRUE,"",[0,0,0],[1,0,0,0]],[[0,0,0],[1,
12 TASK PERS wobjdata WOBJ_St2:=[FALSE,TRUE,"",[0,0,0],[1,0,0,0]],[[0,0,0],[1,
13
14 CONST robtarget Home:=[594.61,959.16,1265.61],[0.0028096,0.628147,-0.778082
15
16 PERS robtarget ActPos:=[673.537,927.143,1637.12],[0.778042,-0.00634288,0.00
17 PERS robtarget Maintenance:=[329.60,946.99,1170.82],[0.619314,-0.622989,0.3
18 PERS robtarget PtoTestTool_1:=[674.60,928.91,1638.35],[0.628085,0.00149099,
19 PERS robtarget PtoTestTool_2:=[673.55,927.15,1637.39],[0.778052,-0.00633229
20 PERS robtarget PtoOutTestTool_1:=[620.20,903.33,1439.69],[0.627994,-0.01268
21
22 PERS num n_RealDiameter;
23 PERS num n_high;
24 PERS num n_low;
25 PERS num n_ToolLenghtCorrection1;
26 PERS num n_ToolLenghtCorrection2;
27
28 VAR bool Flag1:=FALSE;
29 VAR bool b_diameterOK:=FALSE;
30 PERS bool b_toolOK:=TRUE;
31 PERS bool b_TestBothTools:=FALSE;
32 PERS bool b_FirstCycle:=FALSE;
33
34 PERS speeddata SpeedAir_Fast:=[1000,500,5000,1000];
35 PERS speeddata SpeedAir_Medium:=[500,500,5000,1000];
36 PERS speeddata SpeedAir_Slow:=[20,500,5000,1000];
37
38 PERS speeddata SpeedMilling_Fast:=[400,500,5000,1000];
39 PERS speeddata SpeedMilling_Medium:=[200,500,5000,1000];
40 PERS speeddata SpeedMilling_Slow:=[15,500,5000,1000];
41 PERS speeddata DrillSpeed:=[5,500,5000,1000];
42 CONST speeddata v15:=[15,500,5000,1000];

```

Fig. 142 Declaración de variables del módulo principal

A continuación de la declaración de variables se sitúa la rutina principal del programa, “main”. Estas rutinas o procedimientos, denominados “PROC”, actúan como funciones que pueden ser llamadas, unas dentro de otras, partiendo de la rutina o procedimiento principal del programa.

La rutina principal se compone de una parte de inicialización y de un bucle principal, en el que el puntero del robot estará siempre desplazándose cuando no esté ejecutando ninguna orden.

En primer lugar, se pone a 0 el “offset” o desplazamiento del TCP de las dos herramientas. Este desplazamiento es utilizado en las rutinas de fresado para realizar movimientos en una o varias coordenadas con respecto a un punto de partida. A continuación se ejecuta una rutina para comprobar si el robot se encuentra en la posición de “home” o reposo. En caso de que no se encuentre en esta posición, deberá ser llevado a ella manualmente, o automáticamente (si no hay riesgo de colisión). Tras esta comprobación se ejecuta la rutina “INIT”, en la que se resetean todas las señales y correcciones de posición, velocidad y aceleración utilizadas en el programa. La instrucción “PDispOff” permite eliminar el “offset” o desplazamiento actual de la herramienta, en caso de que lo hubiera.

```

48 PROC main()
49     ToolWork_1:=ToolOffsetSet(ToolMilling_1,0,0,0);
50     ToolWork_2:=ToolOffsetSet(ToolMilling_2,0,0,0);
51     TestPosicionHome Home,ToolWork_1,wobj0,EnPos;
52     INIT;
53     PDispOff;

```

Fig. 143 Inicialización de la rutina principal

A continuación se sitúa el bucle “WHILE TRUE DO”, que permite ejecutar cíclicamente las instrucciones contenidas en el mismo mientras el robot se encuentre en marcha. Dentro de él se activa la señal de salida “Do48_InLoop”, que informa al PLC de que el robot se encuentra en el bucle, sin ejecutar ninguna acción. Esta señal se reseteará cuando el robot entre en alguna rutina de movimiento. Tras esto, se establecen la velocidad y aceleración máximas del robot, siendo el primer número el porcentaje sobre el valor máximo en que queda establecida la velocidad y aceleración actual. La velocidad máxima se fija en 2000 mm/s y la aceleración máxima en 60 mm/s².

Seguidamente se sitúan distintos grupos IF, en los que se ejecutan diversas rutinas cuando se activan sus respectivas señales desde el PLC. Éstas son las dos rutinas de fresado (en la estación 1 y en la 2), las de ir a comprobar el estado de las 2 brocas al detector y la de ir a la posición de mantenimiento. Se usan diversas señales para comunicar al PLC la ejecución de cada rutina y se reciben de éste otras señales que permiten finalizar la rutina actual y volver al bucle principal. La instrucción “WaitUntil” detiene el programa del robot hasta que se cumple la condición puesta a continuación, como recibir la activación o desactivación de una señal.

En las rutinas de fresado, se comprueba en primer lugar el estado de las brocas en el detector, si se trata del primer ciclo de trabajo realizado por el robot. Si el estado de las brocas es el correcto, se ejecuta la rutina de fresado (“MillingATECA_ST1 y 2” respectivamente).

```

54  WHILE TRUE DO
55      Set Do48_InLoop;
56      VelSet 95,2000;
57      AccSet 60,60;
58      PDispOff;
59      ! Milling in station 1
60  IF Di48_CutSt1=1 AND Di49_CutSt2=0 THEN
61      Reset Do48_InLoop;
62      ! Test the tools on first cycle
63  IF b_FirstCycle=TRUE THEN
64      b_FirstCycle:=FALSE;
65      b_TestBothTools:=TRUE;
66      TestTool_1;
67      TestTool_2;
68      b_TestBothTools:=FALSE;
69  ENDIF
70      MillingATECA_ST1;
71      WaitUntil Di48_CutSt1=0;
72      Set Do50_EndCut;
73      WaitTime 0.5;
74      Reset Do50_EndCut;
75  ENDIF
76      ! Milling in station 2
77  IF Di49_CutSt2=1 AND Di48_CutSt1=0 THEN
78      Reset Do48_InLoop;
79      IF b_FirstCycle=TRUE THEN
80          b_FirstCycle:=FALSE;
81          b_TestBothTools:=TRUE;
82          TestTool_1;
83          TestTool_2;
84          b_TestBothTools:=FALSE;
85      ENDIF
86      MillingATECA_ST2;
87      WaitUntil Di49_CutSt2=0;
88      Set Do50_EndCut;
89      WaitTime 0.5;
90      Reset Do50_EndCut;
91  ENDIF
92      ! Force tool 1 test from screen
93  IF Di64_TestTool1=1 THEN
94      Reset Do48_InLoop;
95      TestTool_1;
96      Waituntil Di64_TestTool1=0;
97  ENDIF
98      ! Force tool 2 test from screen
99  IF Di65_TestTool2=1 THEN
100      Reset Do48_InLoop;
101      TestTool_2;
102      Waituntil Di65_TestTool2=0;
103  ENDIF
104      ! Force maintenance position from screen
105  IF Di66_GoToMaintenance=1 THEN
106      Reset Do48_InLoop;
107      Go_Maintenance;
108      Waituntil Di66_GoToMaintenance=0;
109  ENDIF
110  ENDWHILE
111  ENDPROC

```

Fig. 144 Bucle de la rutina principal

A continuación de la rutina principal se sitúan diversas rutinas para activar y desactivar las brocas, los sopladores de las brocas y el ionizador de la broca grande.

```

194  PROC StartTool_2()
195      Set Do55_AuxTool2ON;
196      WaitTime 0.2;
197      RETURN;
198  ENDPROC
206  PROC StopTool_2()
207      Reset Do55_AuxTool2ON;
208      WaitTime 0.2;
209  ENDPROC
211  PROC StartBlowingTool1()
212      Set Do56_StartBlowingTool1;
213      WaitTime 0.2;
214  ENDPROC
215
216  PROC StopBlowingTool1()
217      Reset Do56_StartBlowingTool1;
218      WaitTime 0.2;
219  ENDPROC
231  PROC StartIonization()
232      Set Do57_StartIonization;
233      WaitTime 0.2;
234  ENDPROC
235
236  PROC StopIonization()
237      Reset Do57_StartIonization;
238      WaitTime 0.2;
239  ENDPROC

```

Fig. 145 Rutinas de activación de elementos del módulo principal

En la rutina para ir a la posición de mantenimiento se saca el robot de la posición de “home” y se lleva a esta posición, hasta que se reciba la señal del PLC para salir de la misma. Al finalizar el mantenimiento, se comprobará el estado de las brocas, volviendo el robot a la posición de mantenimiento si éstas estuviesen mal.

```

271  PROC Go_Maintenance()
272      IF Do64_InHomePos=1 Out_home;
273      MoveJ [[472.25,887.30,1059.95],[0.00203315,-0.733014,0.68021,0.0010664],[0,1,-2,0],[
274      MoveJ Maintenance,v500,z50,ToolMilling_1;
275      set Do66_InMaintenancePos;
276      ! Wait until the tool is repaired and confirmation to continue is received
277      WaitDI Di66_GoToMaintenance,0;
278      Reset Do52_ToolBroken1;
279      Reset Do53_ToolBroken2;
280      MoveJ [[472.25,887.30,1059.95],[0.00203326,-0.733013,0.680211,0.0010664],[0,1,-2,0],
281      Reset Do66_InMaintenancePos;
282      ! After the tool is repaired, check if it's OK
283      b_TestBothTools:=TRUE;
284      TestTool_1;
285      TestTool_2;
286      b_TestBothTools:=FALSE;
287  ENDPROC

```

Fig. 146 Rutina para ir a la posición de mantenimiento

En la rutina de inicialización “INIT”, llamada al principio de la rutina principal, se resetean todas las señales y correcciones de posición utilizadas durante las rutinas de fresado.

```

322 PROC INIT()
323     ToolWork_1:=ToolOffsetSet(ToolMilling_1,0,0,0);
324     ToolWork_2:=ToolOffsetSet(ToolMilling_2,0,0,0);
325     b_toolOK:=FALSE;
326     b_TestBothTools:=FALSE;
327     b_FirstCycle:=TRUE;
328     n_corr1:=0;
329     n_corr2:=0;
330     n_ToolLenghtCorrection1:=0;
331     n_ToolLenghtCorrection2:=0;
332     Reset Do48_InLoop;
333     Reset Do49_Cutting;
334     Reset Do50_EndCut;
335     Reset Do51_StartBlowingTool2;
336     Reset Do56_StartBlowingTool1;
337     Reset Do52_ToolBroken1;
338     Reset Do53_ToolBroken2;
339     Reset Do54_AuxTool1ON;
340     Reset Do55_AuxTool2ON;
341     Reset Do66_InMaintenancePos;
342     Reset Do67_InCleaningPos;
343     VelSet 100,100;
344     AccSet 100,100;
345 ENDPROC

```

Fig. 147 Rutina de inicialización

En las rutinas de comprobación del estado de las herramientas se calcula la longitud de las brocas usando el detector de proximidad de la celda. Para ello, se saca el robot de la posición de reposo y se lleva a un punto situado debajo del detector, con la broca orientada hacia el mismo. A continuación, se sube el brazo del robot hasta que la broca es detectada por el detector. En este punto el robot se para, y su posición en el eje z es comparada con la de un punto de referencia. Restando el valor de la coordenada z actual y la del punto de referencia se obtiene la corrección a aplicar en la herramienta.

La instrucción “SearchL” permite detener el movimiento del robot al recibir la señal del detector. El punto en el que se para es guardado como “ActPos” (posición actual). La instrucción “RelTool” permite realizar un movimiento de la herramienta relativo a un eje de coordenadas, en este caso al eje z.

Si la corrección a aplicar es menor a 1 milímetro, ésta es ignorada. Entre 1 y 3 milímetros se corrige la posición del TCP de la herramienta para el siguiente ciclo de fresado. Si es mayor de 3 milímetros se considera que el estado de la broca es defectuoso y se lleva el robot a la posición de mantenimiento, para ser cambiada o reparada. Si no se llegase a detectar la broca en el detector también se llevaría el robot a esta posición. Si el estado de la broca es el correcto, se devuelve el robot a la posición de “home”.


```

347 PROC TestTool_1()
348
349 IF Do64_InHomePos = 1 Out_home;
350 MoveJ PtoOutTestTool_1, SpeedAir_Fast, z10, ToolMilling_1;
351
352 ! ***** CHECK LENGTH TOOL 1
353 b_toolOK:=FALSE;
354 ToolWork_1:=ToolOffsetSet(ToolMilling_1,0,0,0);
355 MoveL RelTool(PtoTestTool_1,50,-50,-50),v500,z10,ToolWork_1\WObj:=wobj0;
356 MoveL RelTool(PtoTestTool_1,0,0,-50),v500,z10,ToolWork_1\WObj:=wobj0;
357 MoveL RelTool(PtoTestTool_1,0,0,-5),v20,fine,ToolWork_1\WObj:=wobj0;
358
359 Set Do65_InTestToolPos;
360
361 IF Di51_Dt_U_Tool=0 THEN
362 SearchL\Stop,Di51_Dt_U_Tool\HighLevel,ActPos,RelTool(PtoTestTool_1,0,0,5),v20,ToolWork_1;
363 n_ToolLenghtCorrection1:=ActPos.trans.z-PtoTestTool_1.trans.z;
364 Tpwriteln "Tool 1 lenght correction: "\Num:=n_ToolLenghtCorrection1;
365 IF Abs(n_ToolLenghtCorrection1)<1 THEN
366 ! Ignore corrections below 1 mm
367 b_toolOK:=TRUE;
368 Reset Do52_ToolBroken1;
369 Tpwriteln "Tool 1 OK, no correction needed";
370 ELSEIF Abs(n_ToolLenghtCorrection1)>=1 AND Abs(n_ToolLenghtCorrection1)<=3 THEN
371 ! Correct tool between 1 and 3 mm
372 b_toolOK:=TRUE;
373 Reset Do52_ToolBroken1;
374 Tpwriteln "Tool 1 OK, correcting z...";
375 ELSE
376 ! Above 3 mm corrections => tool not OK
377 b_toolOK:=FALSE;
378 Set Do52_ToolBroken1;
379 Tpwriteln "Tool 1 NOT OK! Going to maintenance position...";
380 ENDIF
381 ELSE
382 b_toolOK:=FALSE;
383 Set Do52_ToolBroken1;
384 Tpwriteln "Tool 1 out of position! Going to maintenance position...";
385 ENDIF
386
387 Reset Do65_InTestToolPos;
388
389 ! Move out of sensor
390 MoveL RelTool(PtoTestTool_1,0,0,-50),v500,z10,ToolWork_1\WObj:=wobj0;
391 MoveL RelTool(PtoTestTool_1,50,-50,-50),v500,z10,ToolWork_1\WObj:=wobj0;
392 MoveL PtoOutTestTool_1,v500,z10,ToolMilling_1;
393
394 IF b_toolOK=TRUE AND b_TestBothTools=FALSE THEN
395 ! If tool 1 is OK and tool 2 is not going to be tested, go home
396 Go_home;
397 ELSEIF b_toolOK=FALSE THEN
398 ! If tool 1 is not OK, go to maintenance pos
399 Go_Maintenance;
400 ENDIF
401
402 RETURN ;
403 MoveL PtoTestTool_1,v200,fine,ToolWork_1\WObj:=wobj0;
404 MoveL PtoOutTestTool_1,v500,z10,ToolMilling_1;
405 ENDPROC

```

Fig. 148 Rutina de comprobación del estado de la herramienta

En último lugar se sitúan las rutinas de llevar y sacar al robot de la posición de “home” o reposo. Estos dos movimientos son usados múltiples veces en el programa, por lo tanto se simplifica el código creando unas rutinas específicas para los mismos.

Las instrucciones de movimiento empleadas son de dos tipos: “MoveL” y “MoveJ” (“move lineal” y “move joint”). En el primer caso, el robot desplazará su TCP linealmente desde su posición actual hasta el punto programado, mientras que en el segundo se moverá al punto de destino describiendo un arco. Esto es debido a que resulta más sencillo para el robot mover sus ejes con libertad para llegar a un punto, si no es importante la trayectoria que realiza para llegar a él. Un “moveL” fuerza al robot a mover su herramienta de forma lineal, teniendo que mover sus ejes de forma consecuente para lograr este movimiento. Por consiguiente, utilizar “moveJ” permitirá realizar movimientos más rápidos y fluidos que utilizando un “moveL”. Por lo general, el “moveJ” se utiliza para realizar movimientos amplios de aproximación en el aire, mientras que el “moveL” se utiliza cuando se requiere precisión en un punto (durante el fresado, por ejemplo). Existe también el “moveC” (move circular), que permite realizar un movimiento circular. Para esta instrucción, a mayores de un punto de destino, es necesario fijar un punto intermedio que describa el arco de la curva.

El tercer parámetro de las instrucciones de movimiento, entre la velocidad y la herramienta empleada, es la precisión, denotada “z”. Una instrucción de movimiento con una precisión de z10, por ejemplo, significa que el robot se aproximará a 10 milímetros del punto de destino antes de moverse al siguiente. Cuanto mayor sea la precisión, más brusco será el movimiento del robot, y cuanto menos, más fluido. Si es necesario llegar exactamente al punto fijado, se pondrá una precisión de z0 o “fine”.

```

464 PROC Go_home()
465     ! Rutina ir a Home
466     ! Routine go home
467     MoveJ Offs(Home,50,-100,-150), v1000, z10, ToolMilling_1;
468     MoveL Offs(Home,0,-50,-100),v500,z10,ToolMilling_1;
469     MoveL Home,v400,fine,ToolMilling_1\WObj:=wobj0;
470     Set Do64_InHomePos;
471     RETURN ;
472 ENDPROC
473
474 PROC Out_home()
475     MoveL Home,v400,fine,ToolMilling_1\WObj:=wobj0;
476     Reset Do64_InHomePos;
477     MoveL Offs(Home,0,-50,-100),v500,z10,ToolMilling_1;
478     MoveL Offs(Home,50,-100,-150),v500,z10,ToolMilling_1;
479     RETURN ;
480 ENDPROC
481
482 ENDMODULE

```

Fig. 149 Rutinas para ir y salir de la posición de home

6.2.6. Herramientas de fresado

El segundo módulo, “MillingTools” contiene rutinas auxiliares a las rutinas de fresado.

La rutina “Cir2Cir” permite fresar un círculo en la pieza del diámetro y profundidad requerido, a partir del punto actual, el diámetro de la broca y la velocidad de perforación y fresado especificada.

```
PROC Cir2Cir(robtarget Pto,num Cirdiameter,num Tooldiameter,speeddata MillSpeed,speeddata DrillSpeed,num deepness,PERS
    IF WristON<>56 AND WristON<>45 AND WristON<>46 CirPathMode\PathFrame;
    IF WristON=56 CirPathMode\Wrist56;
    IF WristON=45 CirPathMode\Wrist45;
    IF WristON=46 CirPathMode\Wrist46;

    pActual:=Pto;
    Radius:=(Cirdiameter/2)-(Tooldiameter/2);
    MigRadi:=Radius/2;
    MoveL RelTool(pActual,0,0,10\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),DrillSpeed,fine,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,0,0,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),MillSpeed,z5,tool\WObj:=wobj;
    MoveC RelTool(pActual,MigRadi,MigRadi,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),RelTool(pActual,Radius,0,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),
    MoveC RelTool(pActual,0,-Radius,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),RelTool(pActual,-Radius,0,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),
    MoveC RelTool(pActual,0,Radius,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),RelTool(pActual,Radius,0,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),Mi
    MoveC RelTool(pActual,Radius/2,-Radius/2,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),RelTool(pActual,0,0,deepness\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=
    MoveL RelTool(pActual,0,0,-30\Rx:=0\Ry:=0\Rz:=0),v80,z5,tool\WObj:=wobj;
    CirPathMode\PathFrame;
    RETURN ;
ENDPROC
```

Fig. 150 Rutina Cir2Cir

La rutina “Rectangulo_RelTool” permite fresar un rectángulo de las dimensiones requeridas, a partir de un punto de partida, el diámetro de la broca y la velocidad de fresado especificada. El punto de inicio en el que la broca perfora la pieza no se sitúa en un vértice del rectángulo, si no en medio del mismo. Esto es debido a que en el punto de entrada y salida de la broca los bordes no quedan lisos, si no rugosos, por el movimiento de la broca. Esto se evita entrando y saliendo por un punto interior del rectángulo.

```
PROC Rectangulo_Reltool(
    robtarget Pto,
    speeddata Velocidad,
    num lado1,
    num lado2,
    num Diametro,
    PERS tooldata tool,
    PERS wobjdata wobj)

    pActual:=Pto;
    lado1:=lado1-Diametro;
    lado2:=lado2-Diametro;

    MoveL RelTool(pActual,lado1/2,lado2/3,-10),Velocidad,z1,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,lado1/2,lado2/3,0),Velocidad,z1,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,0,0,0),Velocidad,z1,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,lado1,0,0),Velocidad,z1,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,lado1,lado2,0),Velocidad,z1,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,0,lado2,0),Velocidad,z1,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,0,0,0),Velocidad,fine,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,lado1/2,lado2/3,0),Velocidad,z1,tool\WObj:=wobj;
    MoveL RelTool(pActual,lado1/2,lado2/3,-10),Velocidad,z1,tool\WObj:=wobj;

    RETURN;
ENDPROC
```

Fig. 151 Rutina Rectangulo_RelTool

6.2.7. Programas de fresado

Por último, en el módulo “SEAT_ATECA” se sitúan las rutinas de fresado en las dos estaciones. Estas rutinas se componen por una parte de inicialización, una parte de fresado y soplado y otra de comprobación de las herramientas tras el mismo.

En primer lugar, se saca el robot de la posición de “home” y se detienen brocas, sopladores e ionizador, en caso de que estuviesen en marcha. A continuación, se activa la primera broca a utilizar, y su respectivo soplador (también el ionizador, si se trata de la broca grande). Se añade la corrección de la longitud de broca en el eje z de la herramienta para las dos brocas. A esta corrección se le restan los 5 milímetros de desplazamiento del punto de referencia usado para medir la longitud en el detector. Por último se activa la salida del robot que informa al PLC del inicio del fresado y se fija el objeto o plano de trabajo al de la estación actual. Se envía también un mensaje por pantalla en la consola del robot indicando el programa de fresado en ejecución.

```

132  PROC MillingATECA_ST1()
133
134      Out_home;
135      ! Stop the tools at the begining in case they were started
136      StopTool_1;
137      StopTool_2;
138      StopBlowingTool1;
139      StopBlowingTool2;
140      StopIonization;
141      PDispOff;
142
143      StartTool_2;
144      StartBlowingTool2;
145      ! Apply tool length correction
146      n_corr1:=-n_ToolLenghtCorrection1;
147      n_corr2:=-n_ToolLenghtCorrection2;
148      ToolWork_1:=ToolOffsetSet(ToolMilling_1,0,0,-5+n_corr1);
149      ToolWork_2:=ToolOffsetSet(ToolMilling_2,0,0,-5+n_corr2);
150      Set Do49_Cutting;
151      WOBJ_Work:=SEAT_ATECA_ST1;
152
153      Tpwrite "";
154      Tpwrite "MILLING ATECA STATION 1";

```

Fig. 152 Inicialización de la rutina de fresado

A continuación, se da inicio al fresado. Éste está formado por instrucciones de movimiento, de activación y desactivación de elementos (brocas, sopladores e ionizador) y por correcciones de posición (offset) del TCP y desplazamientos de la broca relativos a un eje de coordenadas. También se usan las rutinas del módulo de herramientas de fresado para realizar formas geométricas, como agujeros circulares y rectangulares.

Los puntos grabados pueden nombrarse. Esto se hace cuando son posiciones significativas o si se usan varias veces. En caso contrario, al grabar un punto desde la consola, éste se mostrará en el programa con sus coordenadas y demás parámetros que lo definen. Para facilitar la legibilidad del programa, los puntos sin nombre se muestran en la consola del robot simplemente con un asterisco (*).

```

MoveL ATECA_ST1_F1,SpeedAir_Slow,fine,ToolWork_2\WObj:=WObj_Work;
MoveL [[969.04,110.65,-28.90],[0.371872,0.444001,-0.807967,-0.108461],[0,0,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveL [[982.77,113.71,-15.12],[0.371874,0.443995,-0.807968,-0.108473],[0,0,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],

MoveL RelTool(ATECA_ST1_F2,0,0,-20),SpeedAir_Medium,z0,ToolWork_2\WObj:=WObj_Work;
MoveL ATECA_ST1_F2,SpeedAir_Slow,fine,ToolWork_2\WObj:=WObj_Work;
PDispOn\ExeP:=ATECA_ST1_F2,[[930.69,93.79,-5.55],[0.232224,0.741829,-0.60207,-0.18241],[0,0,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveL [[914.23,96.91,7.68],[0.280308,0.493555,-0.818052,-0.0928554],[0,0,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveL [[927.24,98.09,27.32],[0.28032,0.493513,-0.818087,-0.092736],[0,0,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveL [[1105.64,33.25,48.48],[0.0885403,0.560282,-0.798528,0.201489],[0,0,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveL [[1283.85,43.71,168.25],[0.0615537,-0.565351,0.71958,-0.398489],[0,0,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
PDispOff;
StopTool_2;
StartTool_1;
StartBlowingTool1;
StartIonization;
MoveJ [[1072.84,59.39,-30.52],[0.0451559,-0.925973,-0.195273,0.320007],[0,2,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveL [[1066.97,62.65,-119.10],[0.0731712,0.973275,0.130636,-0.174117],[0,2,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
StopBlowingTool2;

MoveL RelTool(ATECA_ST1_F3,0,0,-20),SpeedAir_Medium,z0,ToolWork_1\WObj:=WObj_Work;
MoveL ATECA_ST1_F3,SpeedMilling_Slow,fine,ToolWork_1\WObj:=WObj_Work;
PDispOn\ExeP:=ATECA_ST1_F3,[[1038.50,58.43,-140.34],[0.073158,0.973275,0.130627,-0.174128],[0,2,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveL [[1039.51,58.55,-139.07],[0.0458837,-0.921618,-0.210861,0.322573],[0,2,-3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],

```

Fig. 153 Instrucciones de una rutina de fresado

Tras el fresado, el parachoques es soplado con el soplador de la broca grande (y con el ionizador activo) para eliminar la viruta restante sobre el parachoques. La última broca usada en el fresado es desactivada antes de iniciarse el soplado.

Una vez finalizado el soplado, se desactiva el soplador e ionizador, se resetea la salida al PLC que informa de que el ciclo de fresado está en marcha y se realiza la comprobación de las brocas en el detector de proximidad. Si el estado de las brocas es correcto, el robot regresará a la posición de reposo. En caso contrario, irá a la posición de mantenimiento.

```

MoveJ [[1174.27,136.57,454.96],[0.808045,-0.054462,0.319262,-0.492106],[0,1,-3,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
StartBlowingTool1;
StartIonization;
MoveJ [[1291.64,18.69,390.71],[0.808045,-0.054459,0.319267,-0.492103],[0,1,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveJ [[1352.01,-23.06,371.87],[0.808042,-0.054446,0.319282,-0.4921],[0,1,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveJ [[1536.54,-12.07,231.56],[0.815553,-0.0663598,0.299591,-0.490626],[0,1,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveJ [[1582.09,-5.20,163.93],[0.801539,-0.0746899,0.297632,-0.513199],[0,0,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
MoveJ [[1516.58,170.26,188.51],[0.801538,-0.0746802,0.297652,-0.513188],[0,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],
Reset Do49_Cutting;
StopBlowingTool1;
StopIonization;
! Test both tools after milling
! Go home if both tools are OK. If not, go to maintenance pos
b_TestBothTools:=TRUE;
TestTool_1;
TestTool_2;
b_TestBothTools:=FALSE;

```

ENDPROC

Fig. 154 Final de una rutina de fresado

6.2.8. Señales de entrada y salida del robot

En el archivo “EIO” se guardan las señales de comunicación que el robot que envía y recibe del PLC por un cable de red mediante el protocolo Profinet. Cada señal cuenta con un nombre, un tipo de señal (entrada o salida digital o analógica), un dispositivo o bus de comunicación y un “DeviceMap” o número de señal en el bus. Las señales digitales son booleanas, pero se pueden agrupar varias para enviar y recibir señales numéricas (en código binario, por ejemplo). El módulo externo de ABB añadido en el programa del PLC permite establecer la comunicación entre robot y PLC.

```
-Name "Di48_CutSt1" -SignalType "DI" -Device "PN_Internal_Anybus"\  
-DeviceMap "32"  
  
-Name "Di49_CutSt2" -SignalType "DI" -Device "PN_Internal_Anybus"\  
-DeviceMap "33"  
  
-Name "Di50_SpareMode" -SignalType "DI" -Device "PN_Internal_Anybus"\  
-DeviceMap "34"  
  
-Name "Di51_Dt_U_Tool" -SignalType "DI" -Device "PN_Internal_Anybus"\  
-DeviceMap "35"  
  
-Name "Di52_PlcTool10N" -SignalType "DI" -Device "PN_Internal_Anybus"\  
-DeviceMap "36"  
  
-Name "Di53_PlcTool20N" -SignalType "DI" -Device "PN_Internal_Anybus"\  
-DeviceMap "37"  
  
-Name "Di54_" -SignalType "DI" -Device "PN_Internal_Anybus"\  
-DeviceMap "38"  
  
-Name "Di55_" -SignalType "DI" -Device "PN_Internal_Anybus"\  
-DeviceMap "39"
```

Fig. 155 Señales de entrada al robot desde el PLC

7. CONCLUSIONES

A la hora de diseñar y fabricar una celda robotizada para el fresado de parachoques, como la descrita en este trabajo, resulta de gran importancia utilizar un utillaje para el soporte de las piezas que las fije firmemente, y unos sensores de posición que informen de su correcta colocación. La mayor parte de los problemas encontrados durante el montaje de la máquina fueron debidos a esta cuestión.

Diversas zonas del utillaje debieron de modificarse para adaptarse mejor a la forma del parachoques, y fue necesario poner ventosas adicionales en varias partes del utillaje para agarrar la pieza con la firmeza requerida para el fresado. Los sensores ópticos y mecánicos de presencia del parachoques y de las piezas auxiliares colocadas sobre el mismo han de programarse para detectar a la distancia justa estos elementos cuando están bien colocados, y no detectarlos si están ligeramente fuera de su posición.

Durante el fresado, es importante tener en cuenta la velocidad y ángulo de la broca para lograr un corte limpio y uniforme. Para lograr esto, hay que considerar igualmente la geometría y el espesor del plástico en cada punto, tratando de cortar las vetas perpendicularmente. Con esto también se evitarán vibraciones en el parachoques durante el fresado, que empeorarán el resultado final. Cuando se cambia de broca durante el fresado es necesario dejar unos 2 segundos para la activación de la nueva broca a usar, ya que ésta no cortará correctamente hasta que no alcance las revoluciones necesarias. Con esto se evita el riesgo de que la broca se quede trabada en el parachoques. Contar con una toma de aire de diámetro suficiente también es importante para obtener el caudal necesario para que la broca alcance la velocidad de corte necesaria.

En lo relativo a la programación del PLC, es imprescindible detener todos los elementos móviles (robot, brocas, utillaje, mesa y puerta enrollable) cuando se pulse un paro de emergencia o se rompa el perímetro de trabajo del robot, ya que así lo exigen las normas de seguridad. La parte de seguridad del PLC deberá programarse para tener en cuenta toda rotura del perímetro formado por el interior de la celda, y el estar rearmado este perímetro deberá ser una condición para el movimiento de los elementos móviles de su interior.

El resultado final, tras los cambios y mejoras realizados durante el montaje de la máquina, puede considerarse satisfactorio, y así lo acredita el buen funcionamiento de la celda robótica durante los meses ya transcurridos desde su puesta en servicio.

7.1 LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Los programas de PLC y robot desarrollados para esta máquina pueden usarse en un futuro como base para el desarrollo de los programas de otras máquinas que tengan similares características. Cualquier máquina que consista en una celda controlada por un PLC, con un robot en su interior que realice una determinada tarea, necesitará unos programas de PLC y robot con una serie de funciones comunes a este tipo de máquinas.

Estas funciones incluyen la gestión de las seguridades de la máquina y el acceso al recinto de trabajo del robot por parte del PLC, así como el establecimiento de la conexión entre robot y PLC, o la creación de un ciclo automático de trabajo, que avance a paso a paso, a medida que se vayan cumpliendo las condiciones de cada uno. El robot también necesitará contar con una serie de rutinas, como la selección del programa a realizar en función del código o señal enviado por el PLC, o rutinas de movimiento como la entrada y salida de la posición de “home” o reposo, o el movimiento a una posición de mantenimiento.

Los programas de PLC y robot de esta máquina pueden usarse en gran medida para realizar los de otras máquinas similares, adaptando los procedimientos usados a cada caso (señales de entradas de sensores y salidas a actuadores, condiciones para realizar el ciclo de trabajo, etc.).

En esta misma máquina pueden realizarse modificaciones, como el cambio de utillaje o herramienta, o la inclusión de nuevos sensores y actuadores, que permitirían realizar nuevos procesos o utilizar nuevas piezas de trabajo. Los programas de PLC y robot tendrían que adaptarse en cada caso para llevar a cabo estos cambios en la máquina.

8. REFERENCIAS

Siemens Simatic S7 1200

<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s7-1200.aspx

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/81318674/programming-guidelines-and-programming-styleguide-for-simatic-s7-1200-and-s7-1500?dti=0&lc=en-WW>

Tia Portal V14 SP1

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/180/109747180/att_918734/v1/WCCP_Options_en-US.pdf

https://w3.siemens.com/mcms/sce/de/fortbildungen/ausbildungsunterlagen/tia-portal/tabcardseiten/Documents/Programmierung-S7-1200/SCE_EN_031-100%20FC-Programming%20S7-1200_R1709.pdf

ABB IRB 4600

<https://library.e.abb.com/public/ba3cbea45be946ea94cffe499505463/3HAC032885%20PS%20IRB%204600-en.pdf>

<https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-4600>

RobotStudio - Rapid

https://library.e.abb.com/public/244a8a5c10ef8875c1257b4b0052193c/3HAC032104-001_revD_en.pdf

https://library.e.abb.com/public/688894b98123f87bc1257cc50044e809/Technical%20reference%20manual_RAPID_3HAC16581-1_revJ_en.pdf

Ewon

<http://support.ewon.biz/download/RG/RG-001-0-EN-%28General%20Reference%20Guide%29.pdf>

<https://websupport.ewon.biz/support/product/cosy-131-getting-started/getting-started>

ANEXO 1

Datasheet del PLC S7 1200 – CPU 1214FC (Siemens)

6ES7214-1AF40-0XB0

CPU 1214 FC, DC/DC/DC, 14DI/10DO/2AI

Technical data



SIMATIC S7-1200F, CPU 1214 FC, compact CPU, DC/DC/DC, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-28.8V DC, Program/data memory 125 KB

General information	
Product type designation	CPU 1214FC DC/DC/DC
Firmware version	V4.2
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V14 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	Yes
• 24 V DC	
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
• Rated value (DC)	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption, max.	1 500 mA; max. with all expansion accessories
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V DC
P _t	0.5 A ² ·s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	L+ minus 4 V DC min.
Power loss	

Power loss, typ.	12 W
Memory	
Work memory	
• integrated	125 kbyte
• expandable	No
Load memory	
• integrated	4 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes
• maintenance-free	Yes
• without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / instruction
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
• Number, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area
Local data	
• per priority class, max.	16 kbyte; Priority class 1 (program cycle): 16 KB, priority class 2 to 26: 6 KB
Address area	
Process image	
• Inputs, adjustable	1 kbyte
• Outputs, adjustable	1 kbyte
Hardware configuration	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules
Time of day	
Clock	
• Hardware clock (real-time)	Yes
• Backup time	480 h; typical; 12 days min. at 40 °C
• Deviation per day, max.	±60 s per month
Digital inputs	
Number of digital inputs	14
• of which inputs usable for technological functions	6; HSC (High Speed Counting)

Source/sink input	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	14; 14 inputs at 55 °C horizontal or 45 °C vertical
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V; DC at 4 mA nominal
• for signal "0"	5 V DC at 1 mA
• for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Input current	
• for signal "1", typ.	4 mA; nominal
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— parameterizable	0.1 / 0.2 / 0.4 / 0.8 / 1.6 / 3.2 / 6.4 / 10.0 / 12.8 / 20.0 μ s; 0.05 / 0.1 / 0.2 / 0.4 / 0.8 / 1.6 / 3.2 / 6.4 / 10.0 / 12.8 / 20.0 ms
— at "0" to "1", min.	0.1 μ s
— at "0" to "1", max.	20 ms
for interrupt inputs	
— parameterizable	Yes
for technological functions	
— parameterizable	Yes; Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz, differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz
Cable length	
• shielded, max.	500 m; 50 m for technological functions
• unshielded, max.	150 m; For technological functions: No
Digital outputs	
Number of digital outputs	
• of which high-speed outputs	10 4; 100 kHz Pulse Train Output
Short-circuit protection	No; to be provided externally
Switching capacity of the outputs	
• with resistive load, max.	0.5 A
• on lamp load, max.	5 W
Output voltage	
• for signal "0", max.	0.1 V; with 10 kOhm load
• for signal "1", min.	20 V
Output current	
• for signal "1" rated value	0.5 A
• for signal "0" residual current, max.	0.1 mA
Output delay with resistive load	
• "0" to "1", max.	1 μ s
• "1" to "0", max.	3 μ s
Switching frequency	
• of the pulse outputs, with resistive load, max.	100 kHz
Relay outputs	
• Number of relay outputs	0

Cable length	
• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Number of analog inputs	2
Input ranges	
• Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
• 0 to +10 V	Yes
• Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
• shielded, max.	100 m; twisted and shielded
Analog outputs	
Number of analog outputs	0
Analog value generation for the inputs	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	10 bit
• Integration time, parameterizable	Yes
• Conversion time (per channel)	625 μs
Encoder	
Connectable encoders	
• 2-wire sensor	Yes
1. Interface	
Interface type	PROFINET
Physics	Ethernet
Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Interface types	
• Number of ports	1
• integrated switch	No
Protocols	
• PROFINET IO Controller	Yes
• PROFINET IO Device	Yes
• SIMATIC communication	Yes
• Open IE communication	Yes
• Web server	Yes
• Media redundancy	No
PROFINET IO Controller	
• Transmission rate, max.	100 Mbit/s
Services	
— PG/OP communication	Yes

— S7 routing	Yes
— Isochronous mode	No
— Open IE communication	Yes
— IRT	No
— MRP	No
— MRPD	No
— PROFIenergy	No
— Prioritized startup	Yes
— Number of IO devices with prioritized startup, max.	16
— Number of connectable IO Devices, max.	16
— Number of connectable IO Devices for RT, max.	16
— of which in line, max.	16
— Activation/deactivation of IO Devices	Yes
— Number of IO Devices that can be simultaneously activated/deactivated, max.	8
— Updating time	The minimum value of the update time also depends on the communication component set for PROFINET IO, on the number of IO devices and the quantity of configured user data.
PROFINET IO Device	
Services	
— PG/OP communication	Yes
— S7 routing	Yes
— Isochronous mode	No
— Open IE communication	Yes
— IRT	No
— MRP	No
— MRPD	No
— PROFIenergy	Yes
— Shared device	Yes
— Number of IO Controllers with shared device, max.	2
Protocols	
Supports protocol for PROFINET IO	Yes
PROFIBUS	Yes; CM 1243-5 required
AS-Interface	Yes; CM 1243-2 required
Protocols (Ethernet)	
● TCP/IP	Yes
● DHCP	No
● SNMP	Yes
● DCP	Yes
● LLDP	Yes
Open IE communication	
● TCP/IP	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
● ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
— Data length, max.	8 kbyte

<ul style="list-style-type: none"> • UDP 	Yes
— Data length, max.	1 472 byte
Web server	
<ul style="list-style-type: none"> • supported 	Yes
<ul style="list-style-type: none"> • User-defined websites 	Yes
Further protocols	
<ul style="list-style-type: none"> • MODBUS 	Yes
Communication functions	
S7 communication	
<ul style="list-style-type: none"> • supported 	Yes
<ul style="list-style-type: none"> • as server 	Yes
<ul style="list-style-type: none"> • as client 	Yes
<ul style="list-style-type: none"> • User data per job, max. 	See online help (S7 communication, user data size)
Number of connections	
<ul style="list-style-type: none"> • overall 	16; dynamically
Test commissioning functions	
Status/control	
<ul style="list-style-type: none"> • Status/control variable 	Yes
<ul style="list-style-type: none"> • Variables 	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
Forcing	
<ul style="list-style-type: none"> • Forcing 	Yes
Diagnostic buffer	
<ul style="list-style-type: none"> • present 	Yes
Traces	
<ul style="list-style-type: none"> • Number of configurable Traces 	2
<ul style="list-style-type: none"> • Memory size per trace, max. 	512 kbyte
Integrated Functions	
Number of counters	6
Counting frequency (counter) max.	100 kHz
Frequency measurement	Yes
controlled positioning	Yes
Number of position-controlled positioning axes, max.	8
Number of positioning axes via pulse-direction interface	Up to 4 with SB 1222
PID controller	Yes
Number of alarm inputs	4
Potential separation	
Potential separation digital inputs	
<ul style="list-style-type: none"> • Potential separation digital inputs 	Functional isolation (Optocoupler)
EMC	
Interference immunity against discharge of static electricity	
<ul style="list-style-type: none"> • Interference immunity against discharge of static electricity acc. to IEC 61000-4-2 	Yes
— Test voltage at air discharge	8 kV

— Test voltage at contact discharge	6 kV
Interference immunity to cable-borne interference	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-4	Yes
• Interference immunity on signal cables acc. to IEC 61000-4-4	Yes
Interference immunity against voltage surge	
• on the supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
Interference immunity against conducted variable disturbance induced by high-frequency fields	
• Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class A, for use in industrial areas	Yes; Group 1
• Limit class B, for use in residential areas	Yes; When appropriate measures are used to ensure compliance with the limits for Class B according to EN 55011
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	
• IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
Marine approval	Yes
Highest safety class achievable in safety mode	
• Performance level according to ISO 13849-1	PLe
• SIL acc. to IEC 61508	SIL 3
Ambient conditions	
Free fall	
• Fall height, max.	0.3 m; five times, in product package
Ambient temperature during operation	
• min.	0 °C
• max.	55 °C
• horizontal installation, min.	0 °C
• horizontal installation, max.	55 °C
• vertical installation, min.	0 °C
• vertical installation, max.	45 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 139 hPa
Relative humidity	

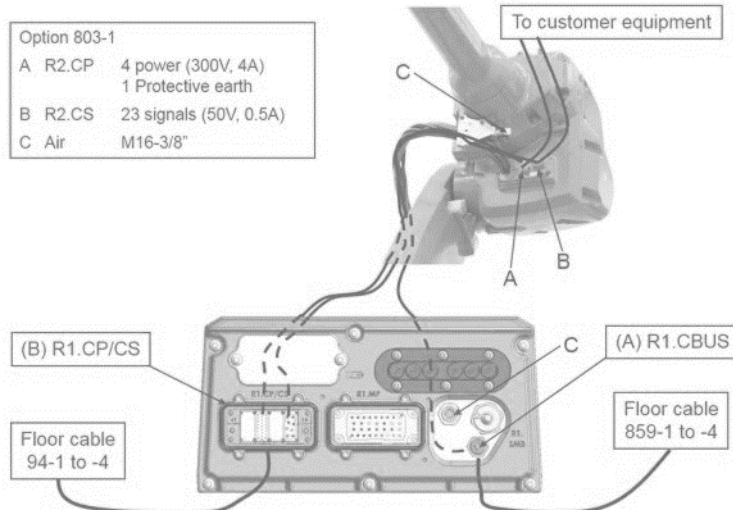
• Operation, max.	95 %; no condensation
Vibrations	
• Vibration resistance during operation acc. to IEC 60068-2-6	2 g (m/s²) wall mounting, 1 g (m/s²) DIN rail
• Operation, tested according to IEC 60068-2-6	Yes
Shock testing	
• tested according to IEC 60068-2-27	Yes; IEC 68, Part 2-27 half-sine; strength of the shock 15 g (peak value), duration 11 ms
Pollutant concentrations	
• SO2 at RH < 60% without condensation	SO2: < 0.5 ppm; H2S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
Configuration	
Programming	
Programming language	
— LAD	Yes; incl. failsafe
— FBD	Yes; incl. failsafe
— SCL	Yes
Know-how protection	
• User program protection/password protection	Yes
• Copy protection	Yes
• Block protection	Yes
Cycle time monitoring	
• adjustable	Yes
Dimensions	
Width	110 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	435 g
last modified:	12/29/2018

ANEXO 2

Catálogo del Robot IRB 4600 (ABB)

IRB 4600

IRB 4600-20/2.50 / IRB 4600-40/2,55 / IRB 4600-45/2.05 / IRB 4600-60/2.05



Aplicaciones

Soldadura Arco y Laser

Montaje

Empaquetado y Paletizado

Dispensado

Máquina herramienta

Manipulación de piezas

Metrología

El IRB 4600 es pionero de la nueva generación de robots ABB; con características mejoradas y nuevas capacidades. El diseño se ha optimizado para que sea superior en aplicaciones específicas. Permite células de fabricación más compactas, mayor volumen de producción y mayor calidad, lo que significa una mayor productividad.

Características técnicas

Capacidad de carga (kg)	20 / 60
Alcance (m)	2.05 / 2.55
Protección	IP 67
Montaje	FoundryPlus 2 / FoundryPrime (60 kg)
Consumo energético (kW)	Suelo, invertido e inclinado
Repetitividad (mm)	1,43 – 1,62
	0,05 / 0,06

Configuración básica

Color Graphite White ABB

Cables de manipulador de 7m

Grado de protección IP67

Modelo	Precio (€)
IRB 4600-45/2.05 – Single Cabinet	38.915
IRB 4600-60/2.05 – Single Cabinet	40.315
IRB 4600-40/2.55 – Single Cabinet	43.165
IRB 4600-20/2.50 – Single Cabinet	40.940

Opciones Manipulador	Precio (€)
Color RAL a definir	845
Cables de manipulador 15 m	245
Protección FoundryPlus 2	1.700
Protección FoundryPrime	13.890
Cableado usuario de 7 m (conector eje 3 + cableado interno + conexión cabina)	1.485
Cableado usuario de 15 m (conector eje 3 + cableado interno + conexión cabina)	1.615
Opción cableado usuario con BUS de campo (DeviceNet, PROFIBUS o Ethernet)	170
Robot preparado para montaje invertido	325

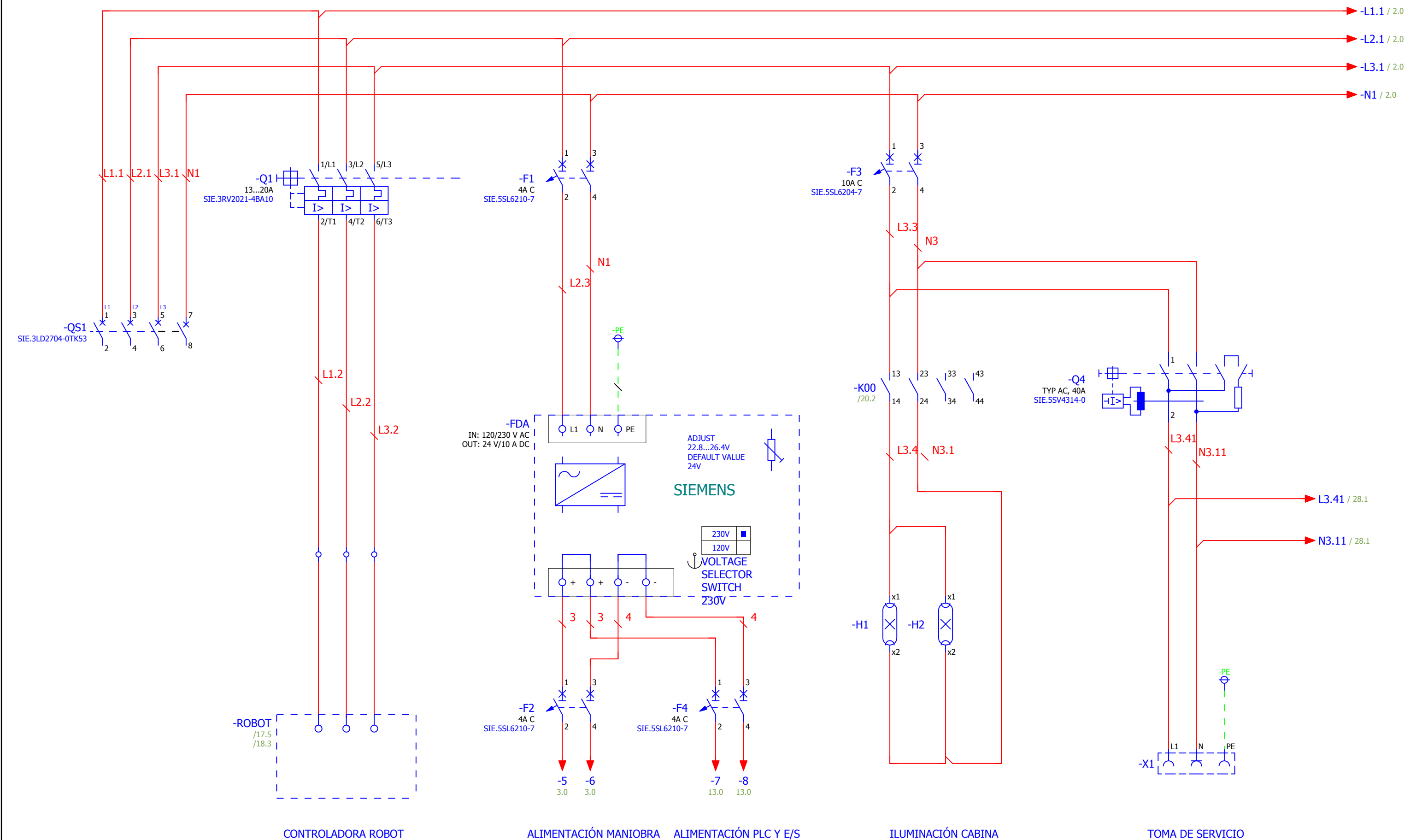
ANEXO 3

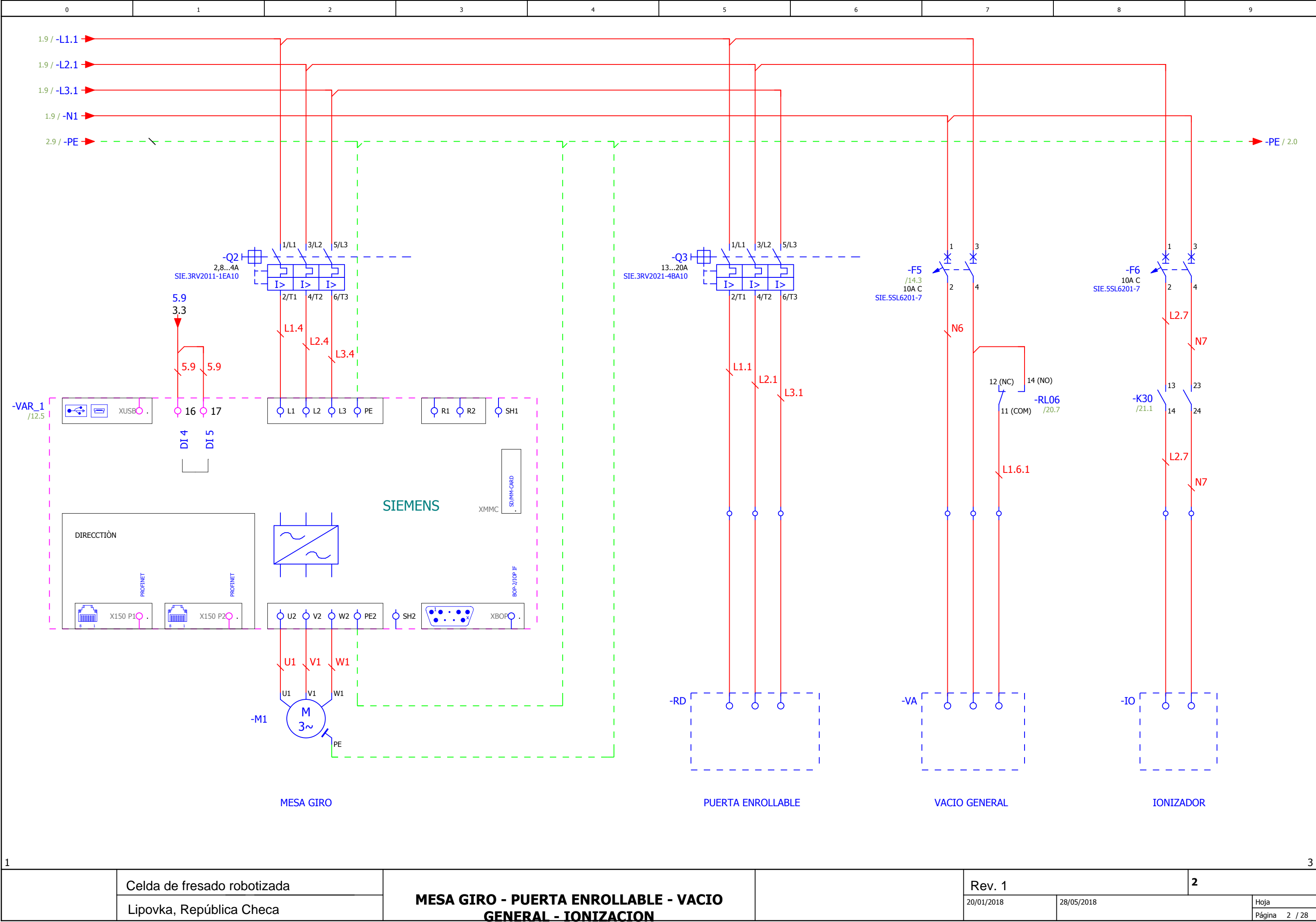
Señales de la comunicación Profinet PLC - Robot

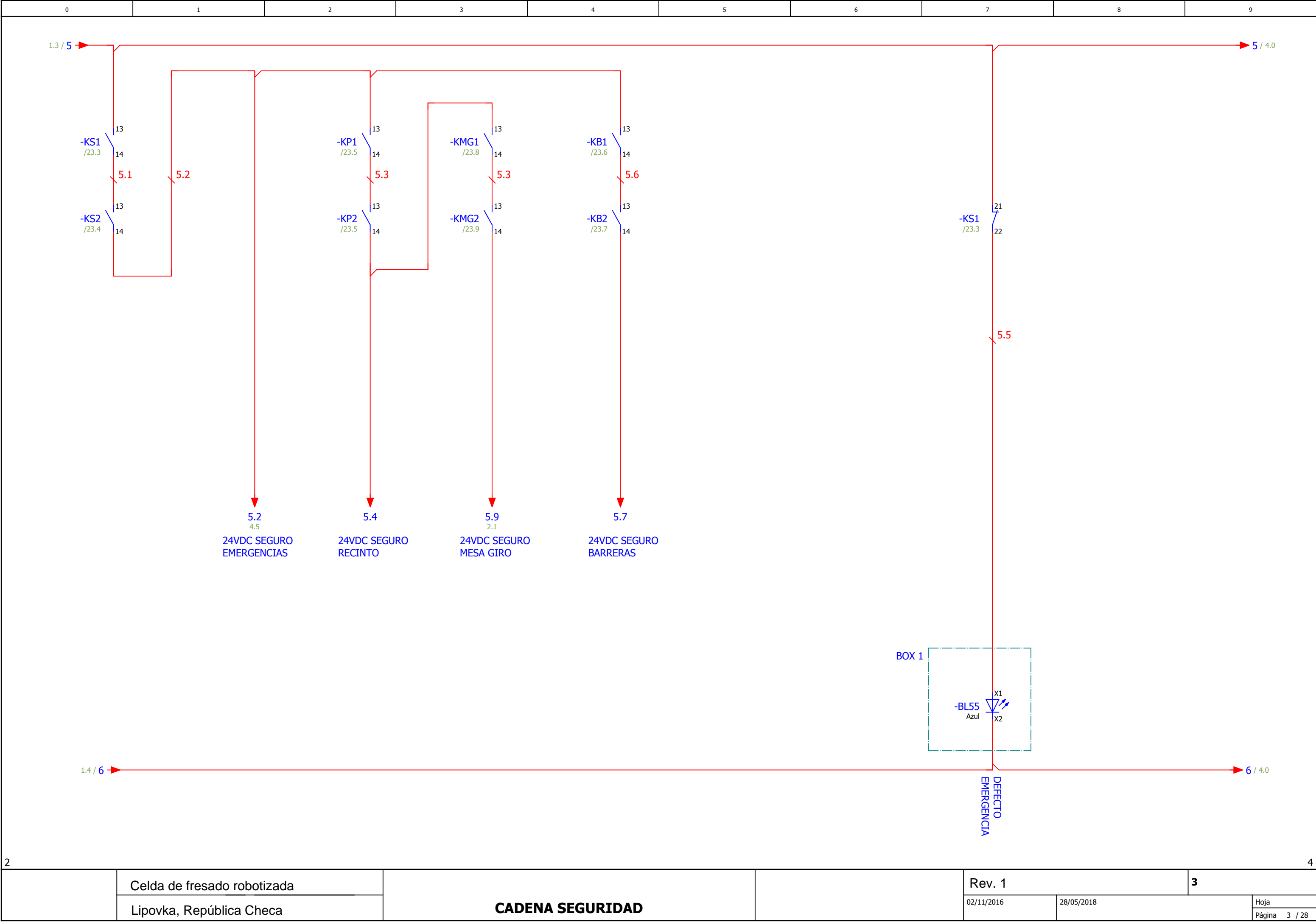
PROFINET								
PLC vs ABB					ABB vs PLC			
	PLC_PROFINET	DI	NOMBRE		DO		NOMBRE	PLC_PROFINET
	%Q72.0	Di16	Di16_MotorOnStart		Do16		Do16_CycleON	%I72.0
	%Q72.1	Di17	Di17_StopProgram		Do17		Do17_RobInAuto	%I72.1
	%Q72.2	Di18			Do18			%I72.2
	%Q72.3	Di19			Do19			%I72.3
	%Q72.4	Di20			Do20			%I72.4
	%Q72.5	Di21			Do21			%I72.5
	%Q72.6	Di22			Do22			%I72.6
	%Q72.7	Di23			Do23			%I72.7
	%Q73.0	Di24			Do24			%I73.0
	%Q73.1	Di25			Do25			%I73.1
	%Q73.2	Di26			Do26			%I73.2
	%Q73.3	Di27			Do27			%I73.3
	%Q73.4	Di28			Do28			%I73.4
	%Q73.5	Di29			Do29			%I73.5
	%Q73.6	Di30			Do30			%I73.6
	%Q73.7	Di31			Do31			%I73.7
	%Q74.0	Di32	Di32_ProgCodeSt1Bit0		Do32			%I74.0
	%Q74.1	Di33	Di33_ProgCodeSt1Bit1		Do33			%I74.1
	%Q74.2	Di34	Di34_ProgCodeSt1Bit2		Do34			%I74.2
	%Q74.3	Di35	Di35_ProgCodeSt1Bit3		Do35			%I74.3
	%Q74.4	Di36	Di36_ProgCodeSt2Bit0		Do36			%I74.4
	%Q74.5	Di37	Di37_ProgCodeSt2Bit1		Do37			%I74.5
	%Q74.6	Di38	Di38_ProgCodeSt2Bit2		Do38			%I74.6
	%Q74.7	Di39	Di39_ProgCodeSt2Bit3		Do39			%I74.7
	%Q75.0	Di40			Do40			%I75.0
	%Q75.1	Di41			Do41			%I75.1
	%Q75.2	Di42			Do42			%I75.2
	%Q75.3	Di43			Do43			%I75.3
	%Q75.4	Di44			Do44			%I75.4
	%Q75.5	Di45			Do45			%I75.5
	%Q75.6	Di46			Do46			%I75.6
	%Q75.7	Di47			Do47			%I75.7
	%Q76.0	Di48	Di48_CutSt1		Do48		Do48_InLoop	%I76.0
	%Q76.1	Di49	Di49_CutSt2		Do49		Do49_Cutting	%I76.1
	%Q76.2	Di50	Di50_SpareMode		Do50		Do50_EndCut	%I76.2
	%Q76.3	Di51	Di51_Dt_U_Tool		Do51		Do51_StartBlowingTool2	%I76.3
	%Q76.4	Di52	Di52_PlcTool1ON		Do52		Do52_Tool1Broken	%I76.4
	%Q76.5	Di53	Di53_PlcTool2ON		Do53		Do53_Tool2Broken	%I76.5
	%Q76.6	Di54			Do54		Do54_AuxTool1On	%I76.6
	%Q76.7	Di55			Do55		Do55_AuxTool2On	%I76.7
	%Q77.0	Di56			Do56		Do56_StartBlowingTool1	%I77.0
	%Q77.1	Di57			Do57		Do57_StartIonization	%I77.1
	%Q77.2	Di58			Do58			%I77.2
	%Q77.3	Di59			Do59			%I77.3
	%Q77.4	Di60			Do60			%I77.4
	%Q77.5	Di61			Do61			%I77.5
	%Q77.6	Di62			Do62			%I77.6
	%Q77.7	Di63			Do63			%I77.7
	%Q78.0	Di64	Di64_TestTool1		Do64		Do64_InHomePos	%I78.0
	%Q78.1	Di65	Di65_TestTool2		Do65		Do65_InTestToolPos	%I78.1
	%Q78.2	Di66	Di66_GoToMaintenance		Do66		Do66_InMaintenancePos	%I78.2
	%Q78.3	Di67	Di67_GoCleaning		Do67		Do67_InCleaningPos	%I78.3
	%Q78.4	Di68			Do68			%I78.4

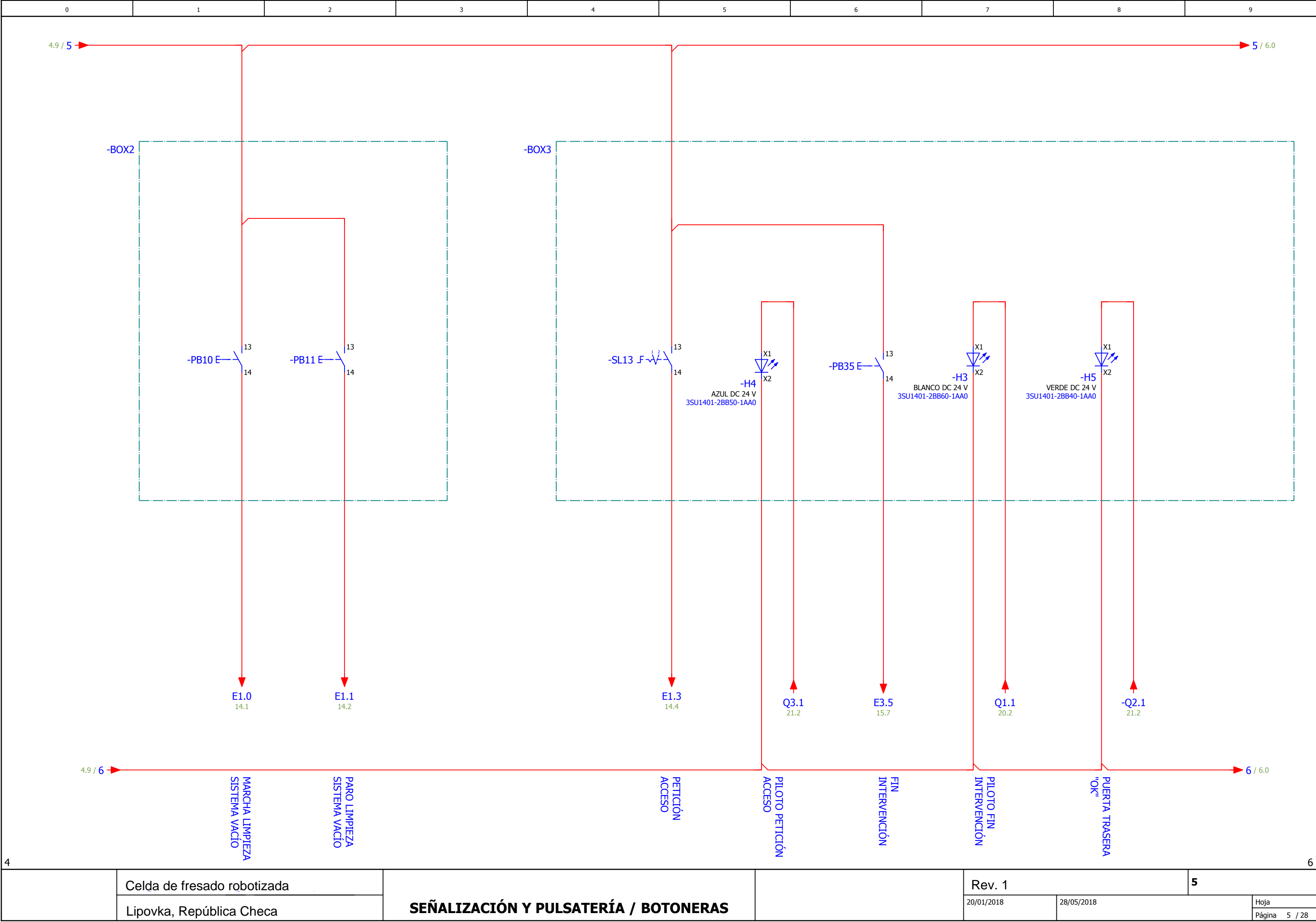
ANEXO 4

Esquemas eléctricos de la máquina



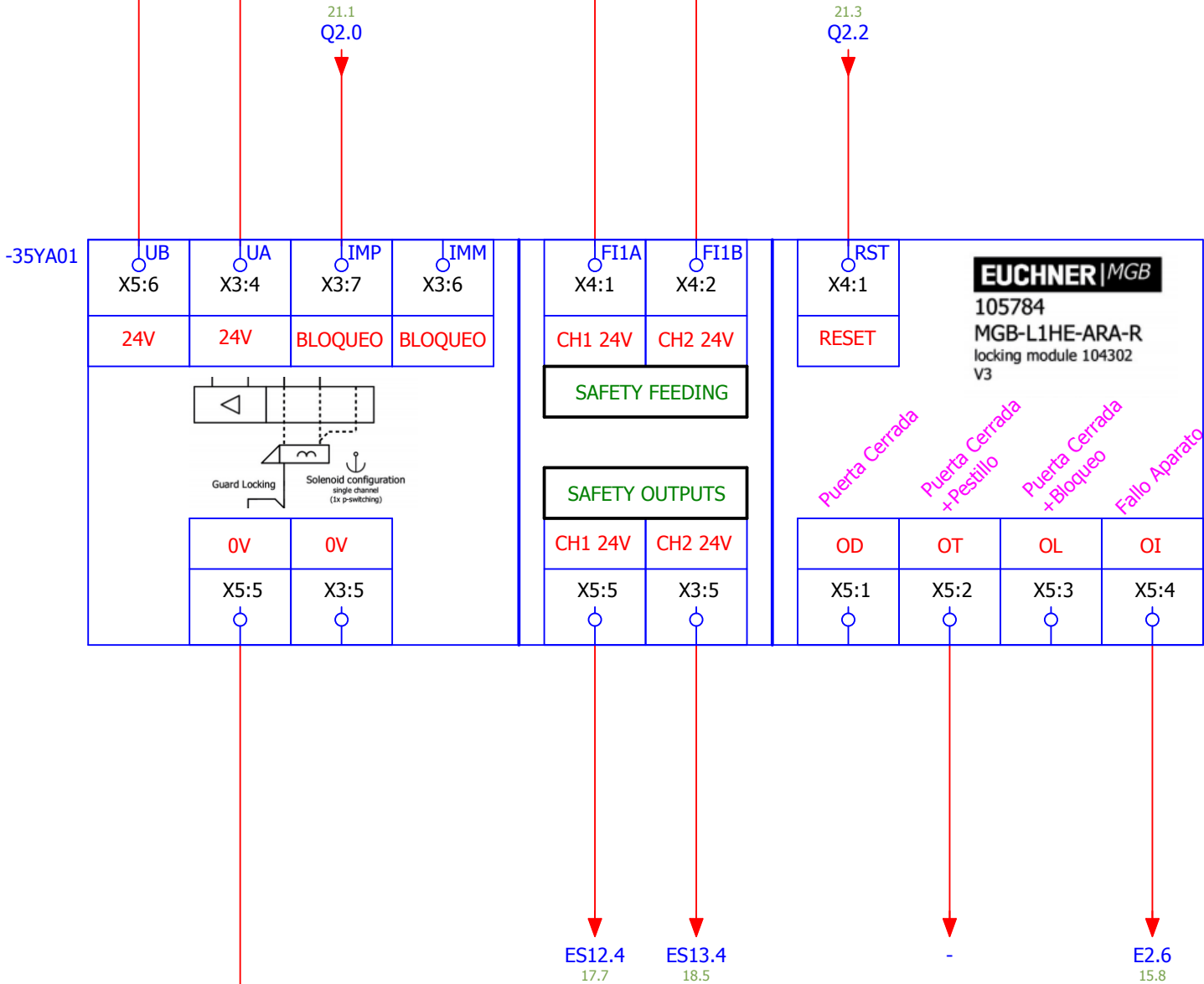






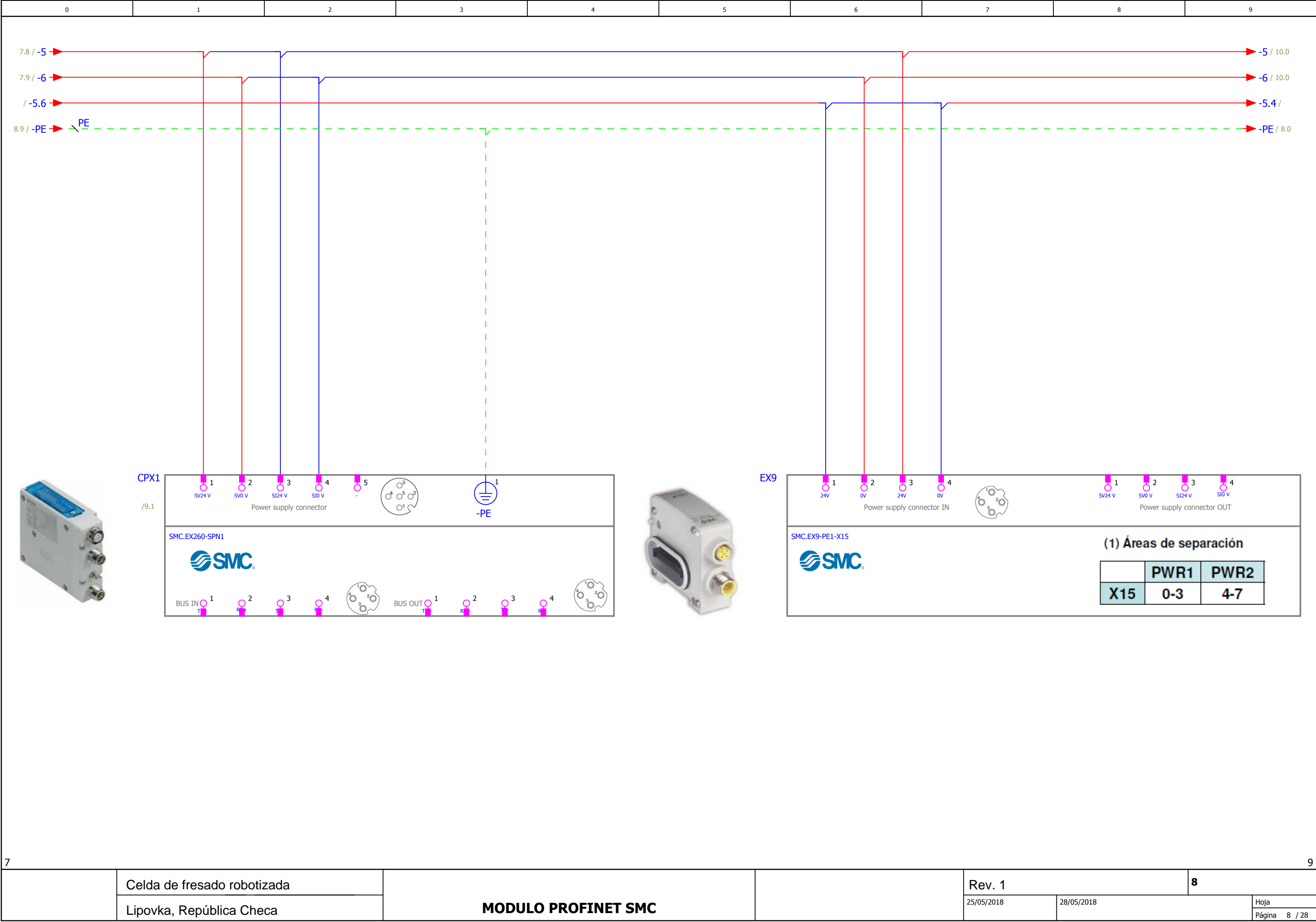
6.9 / 5

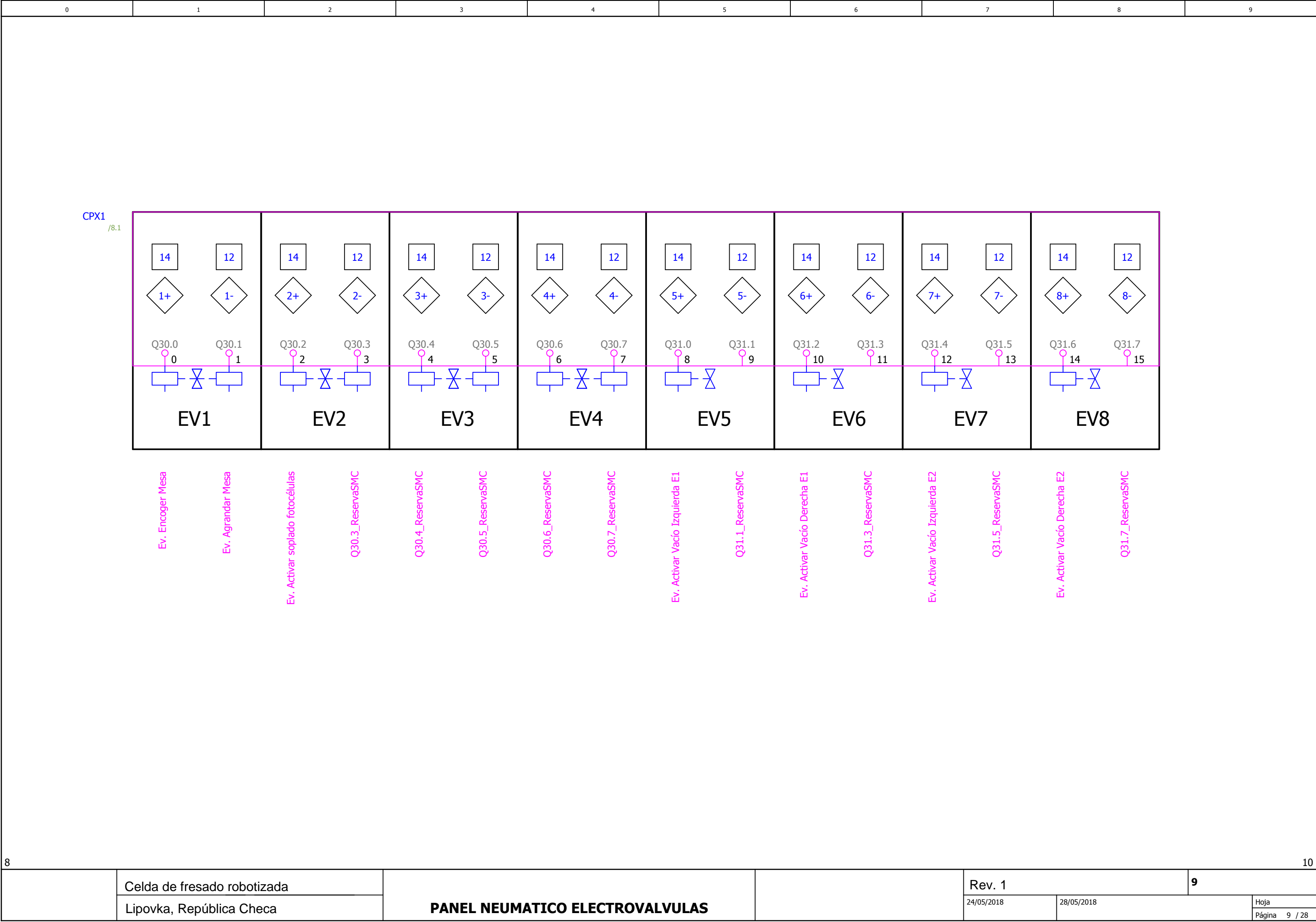
5 / 8.0

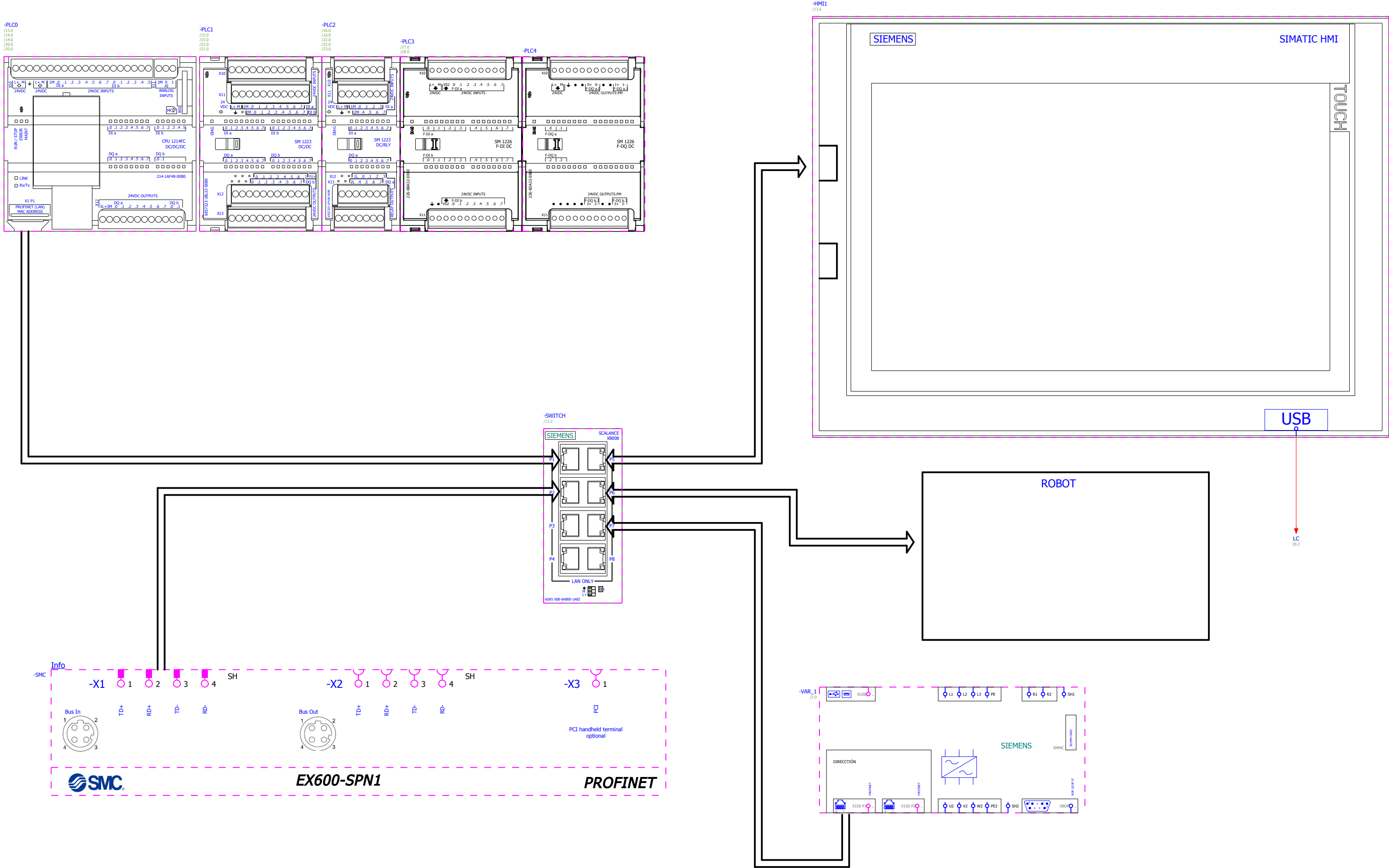


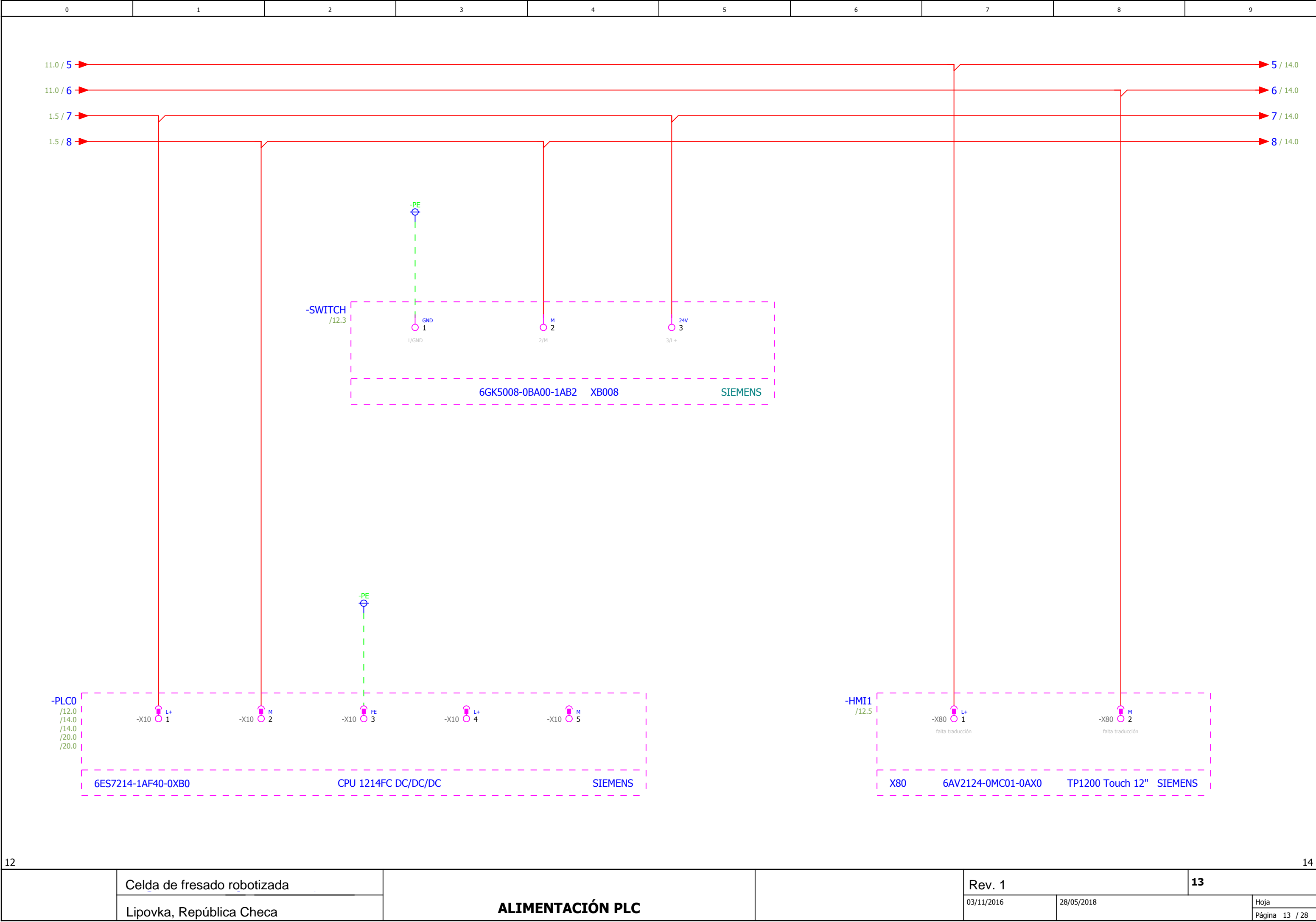
6.9 / 6

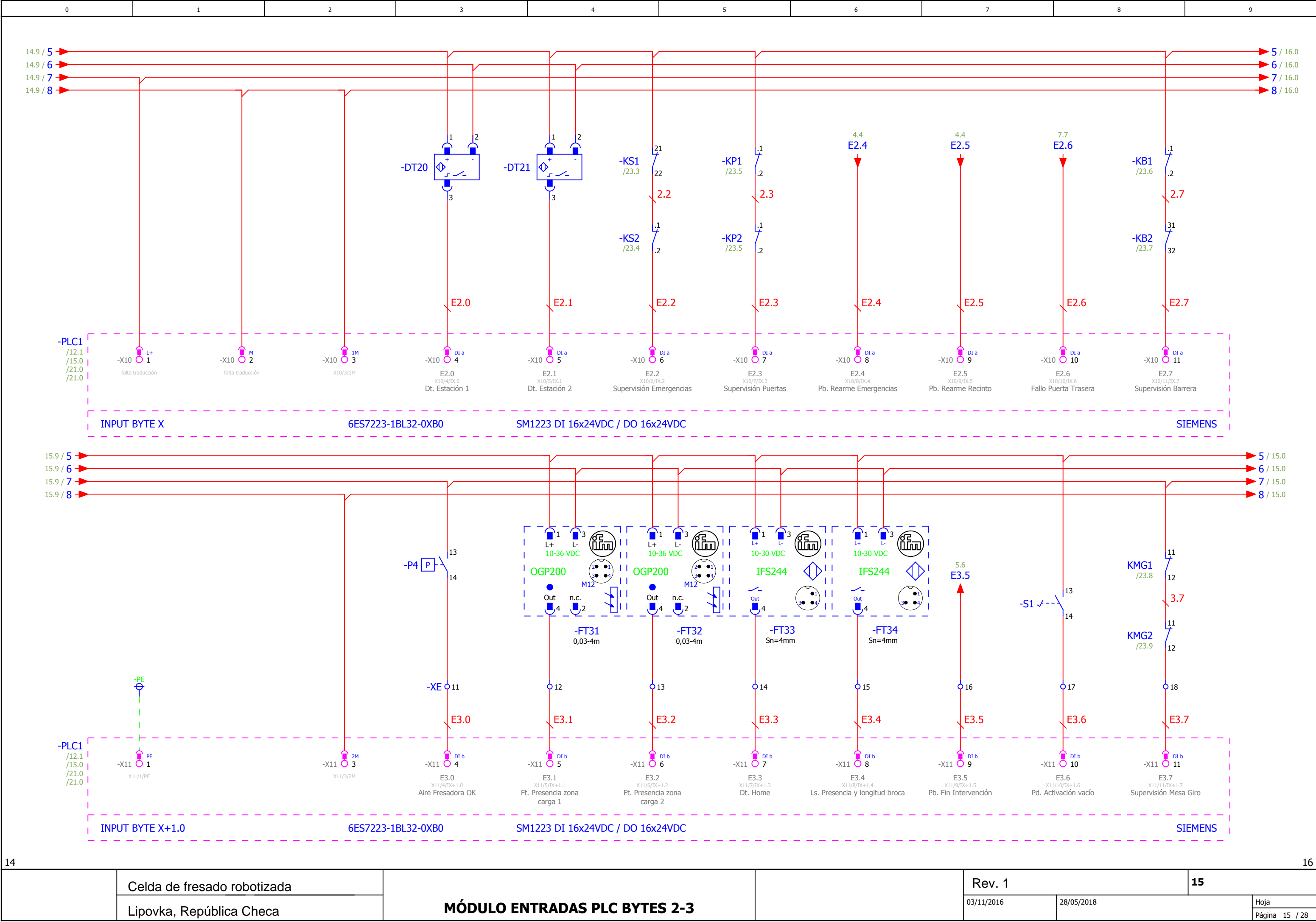
6 / 8.0

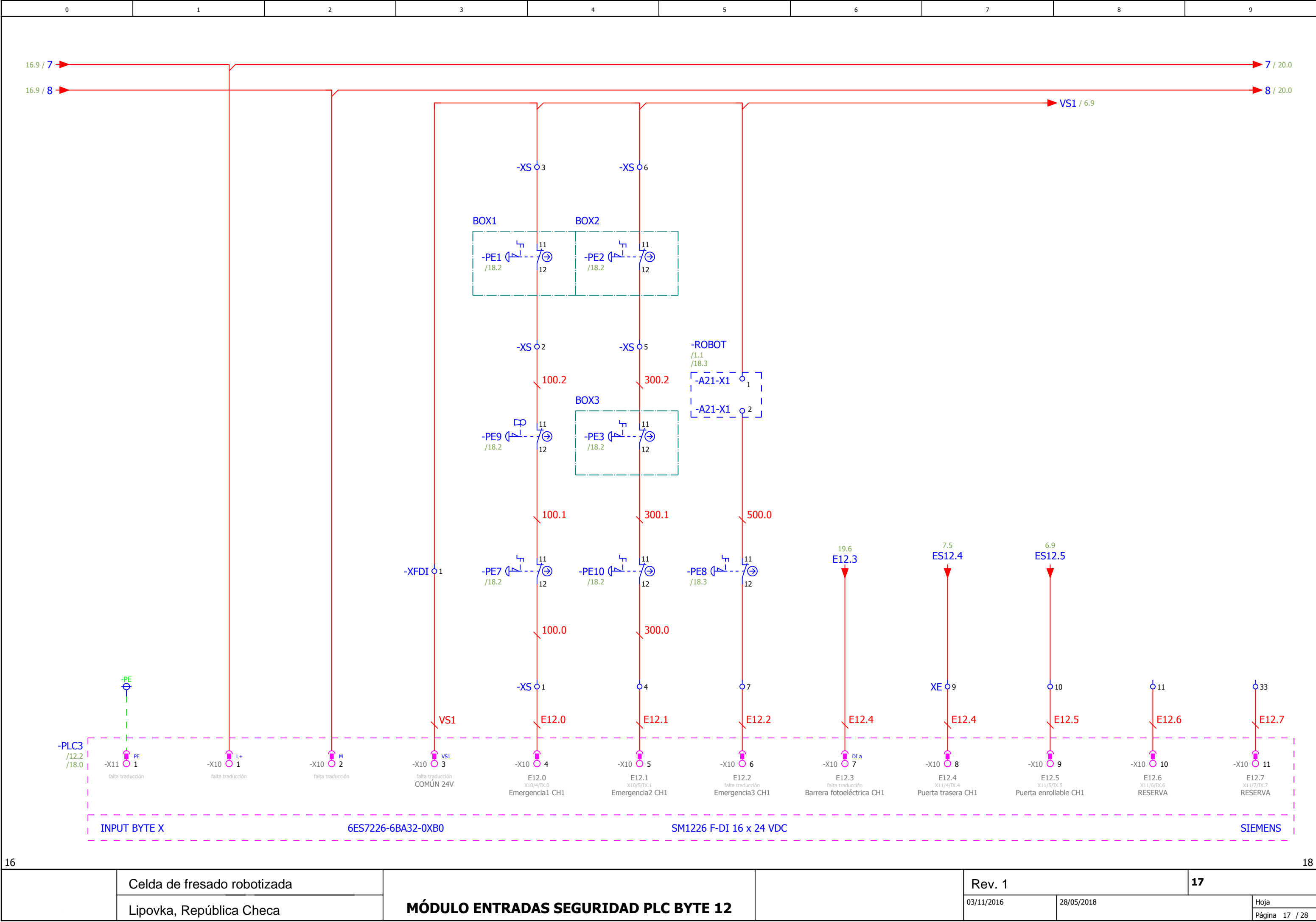


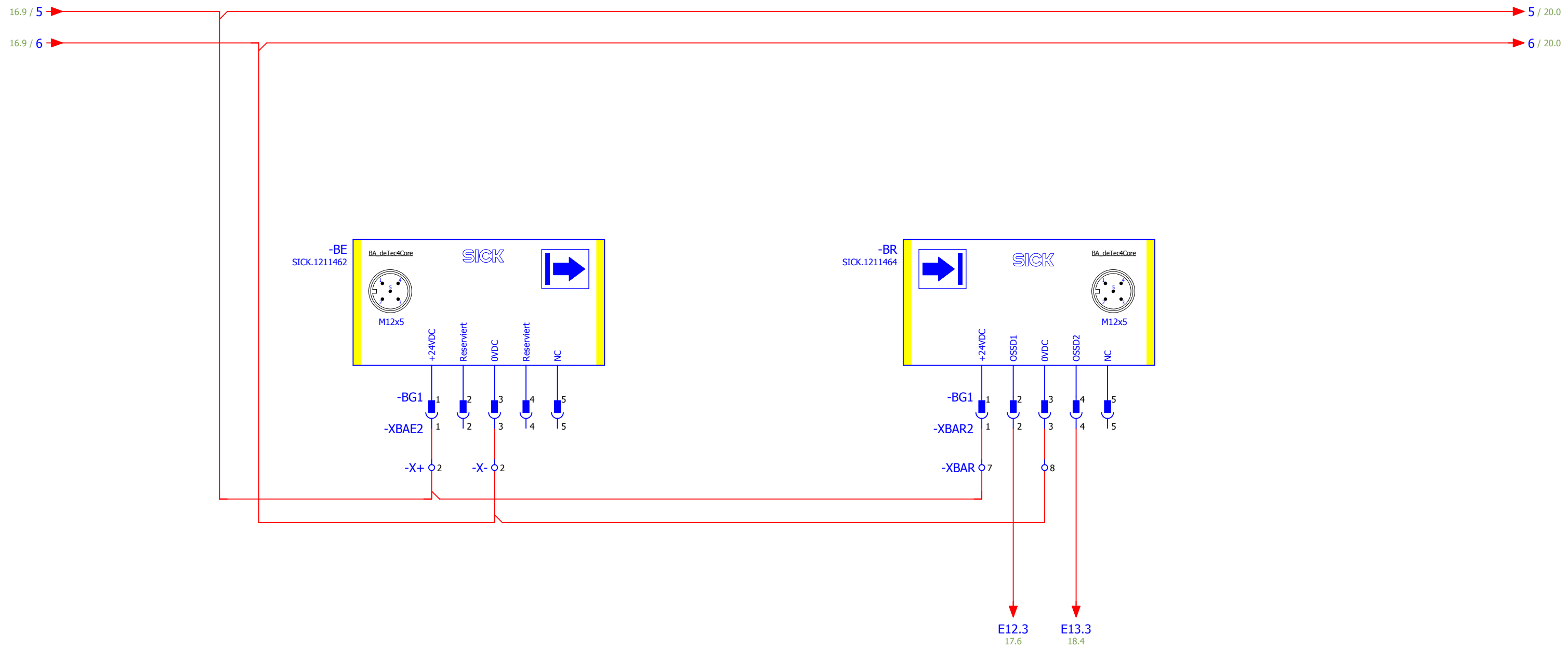




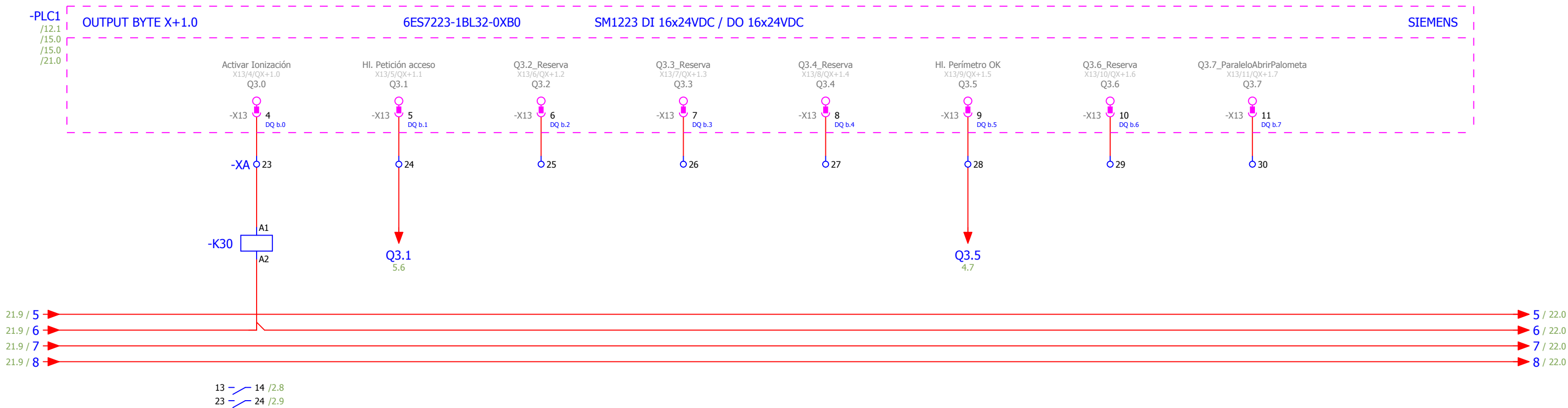


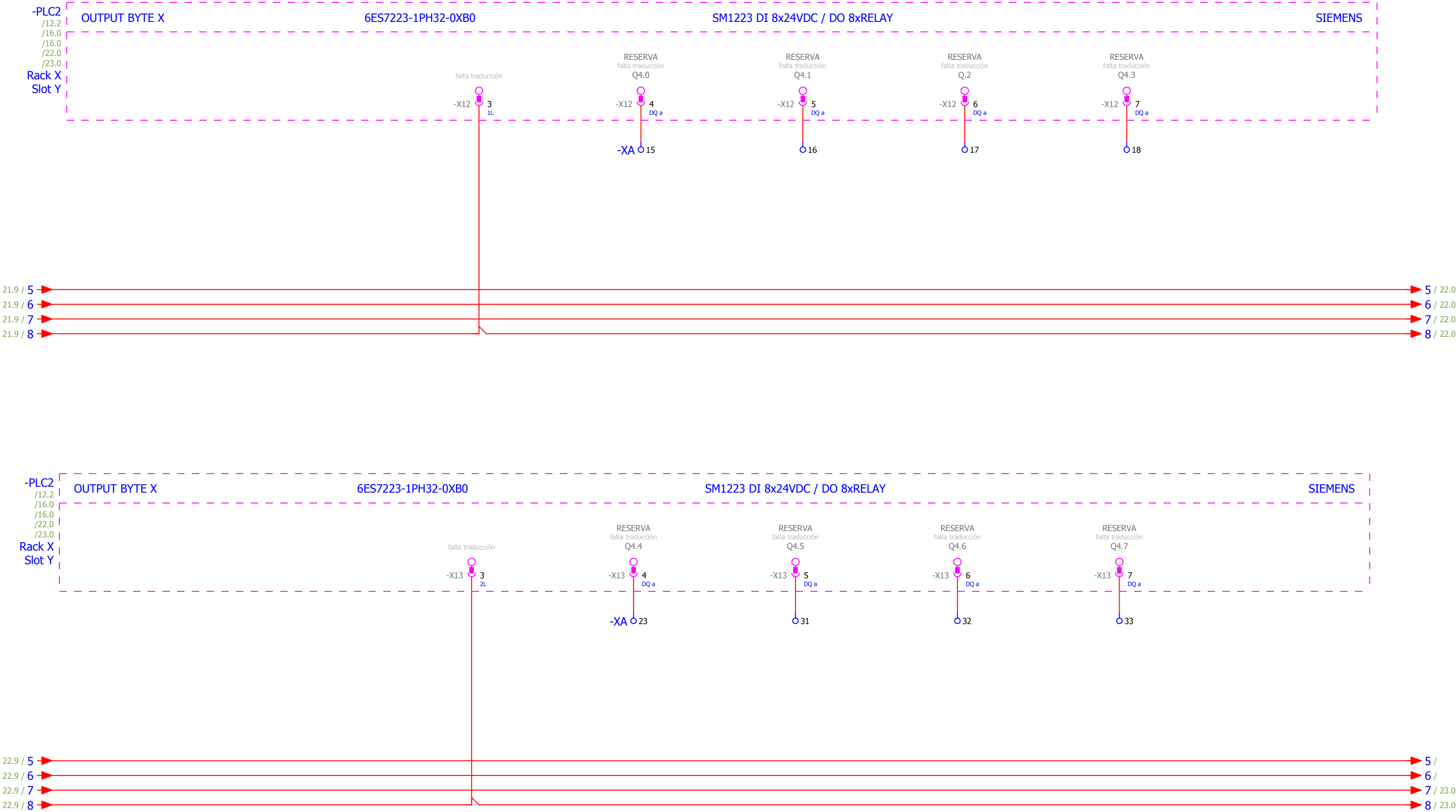




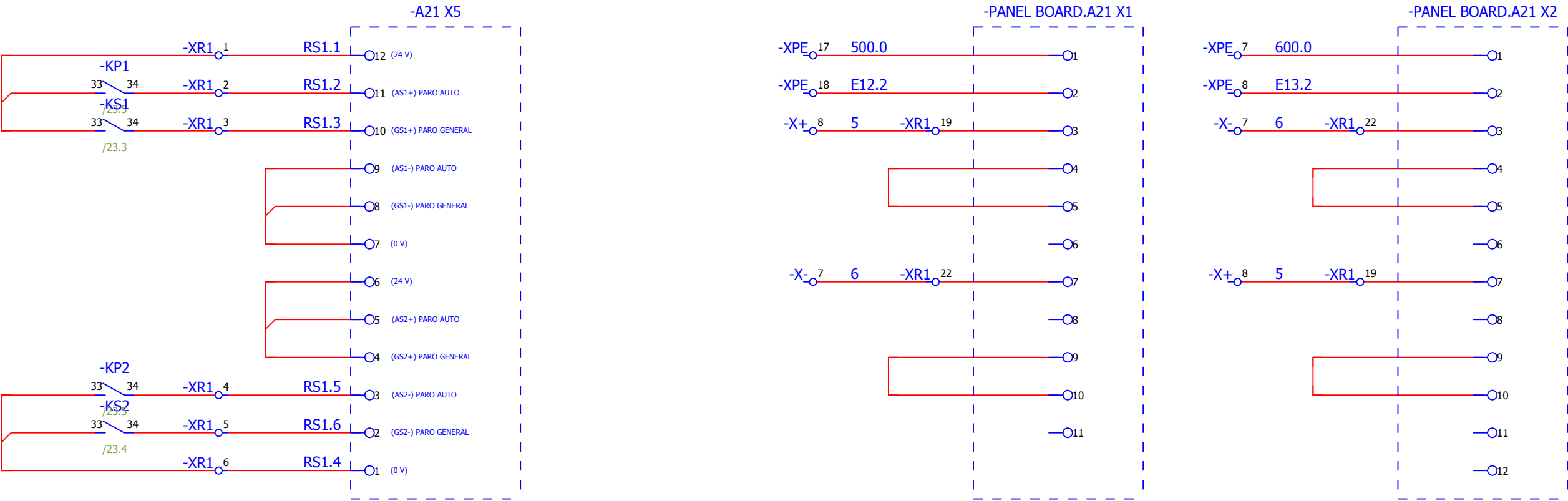


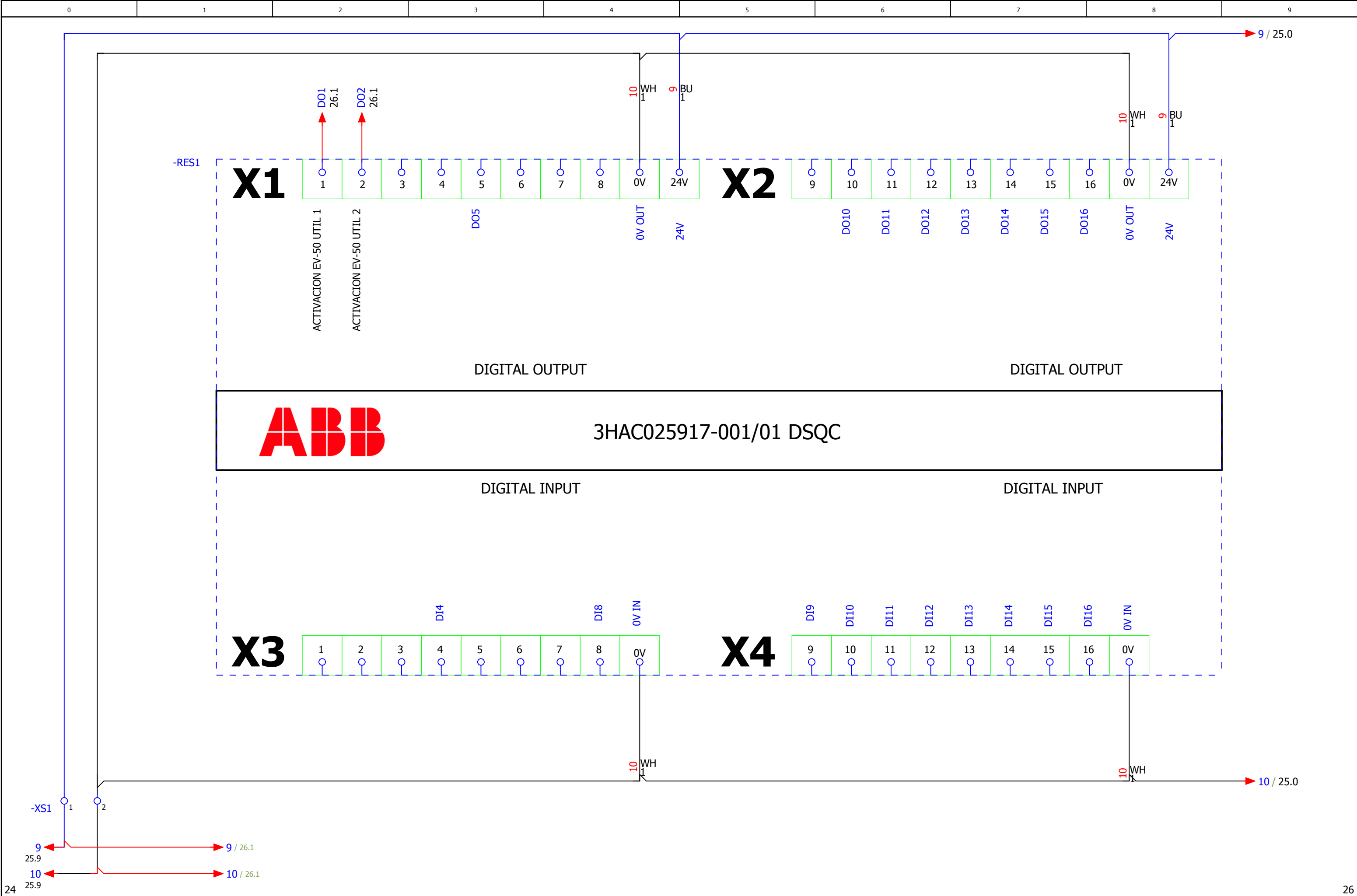


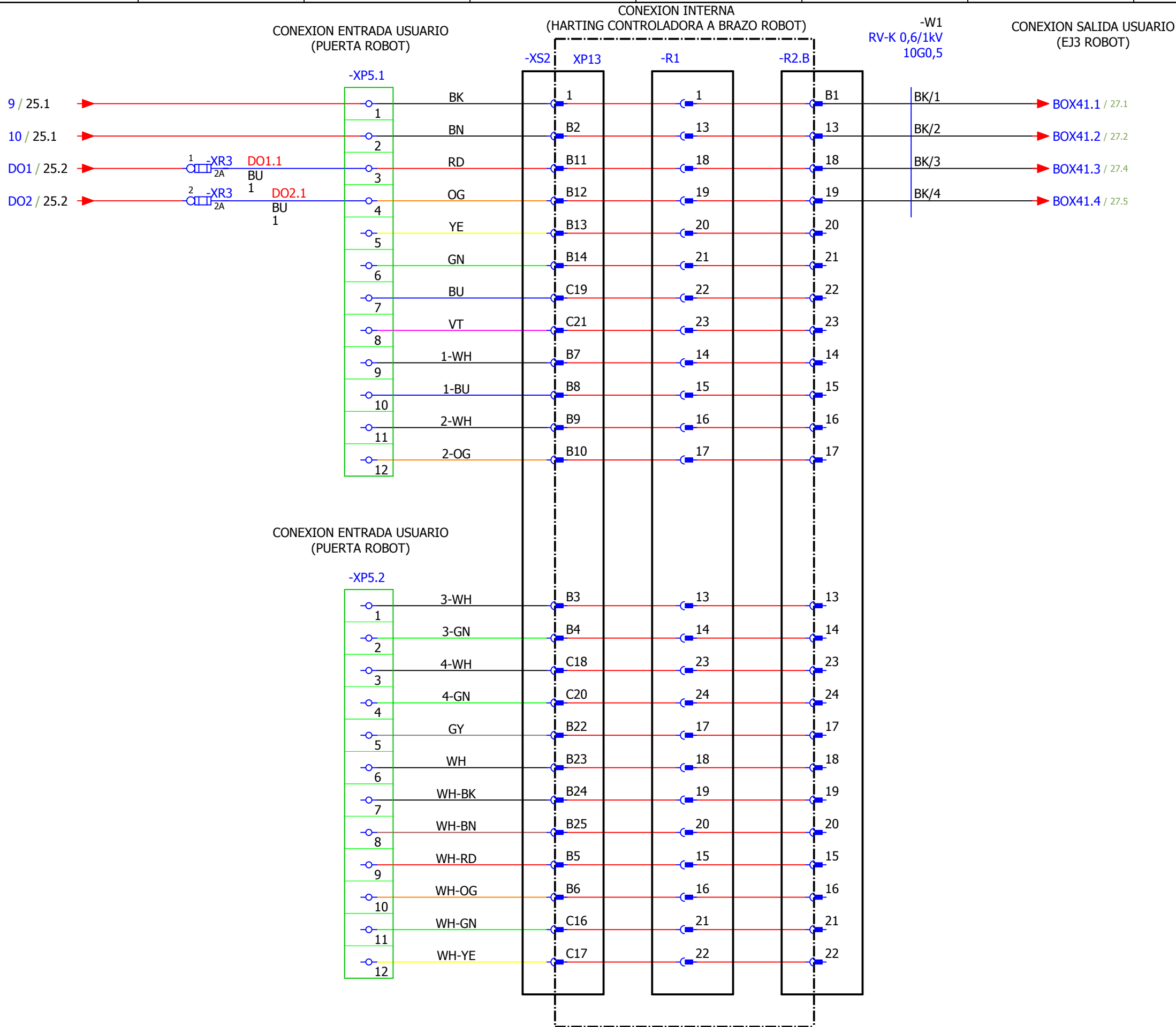


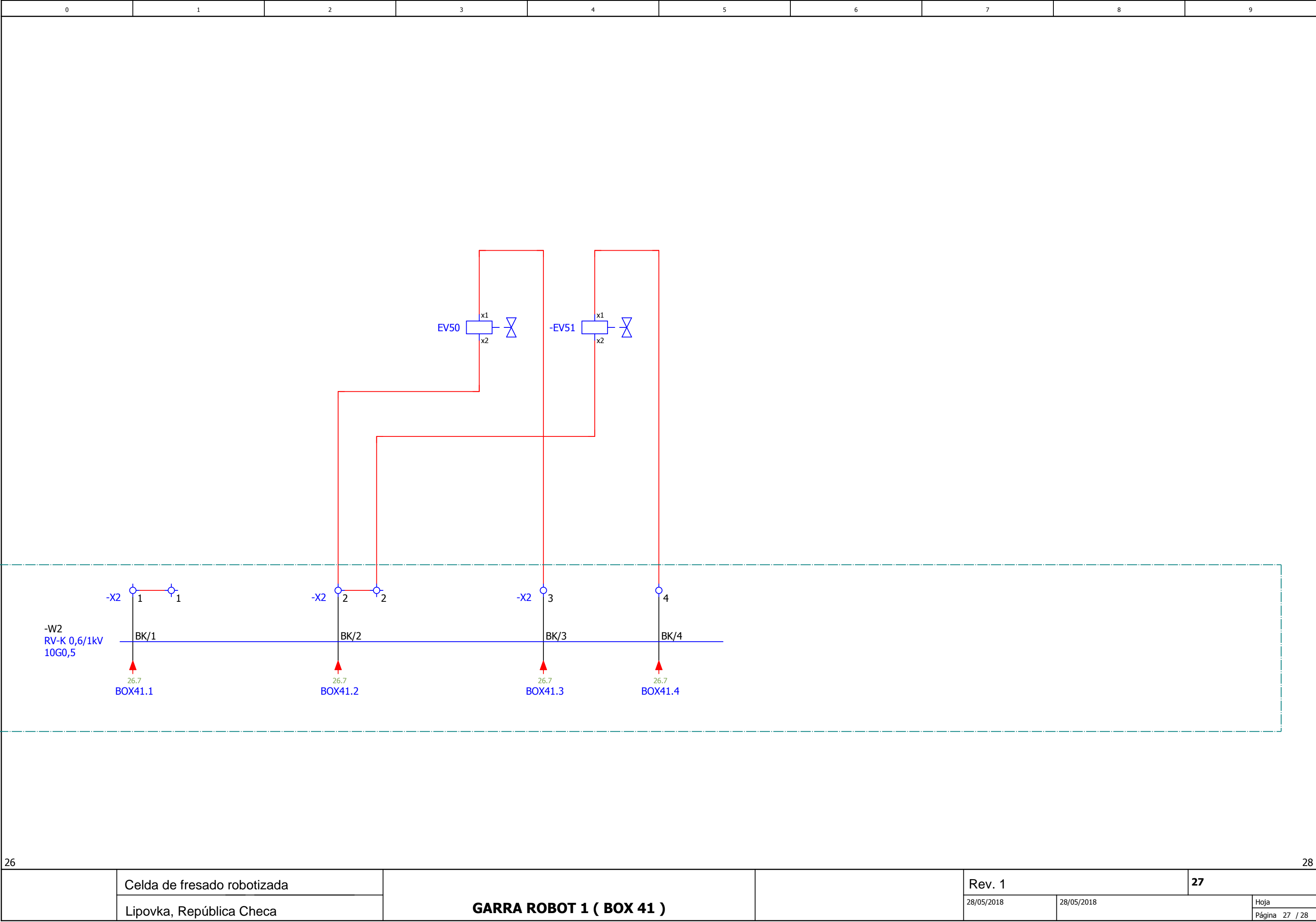


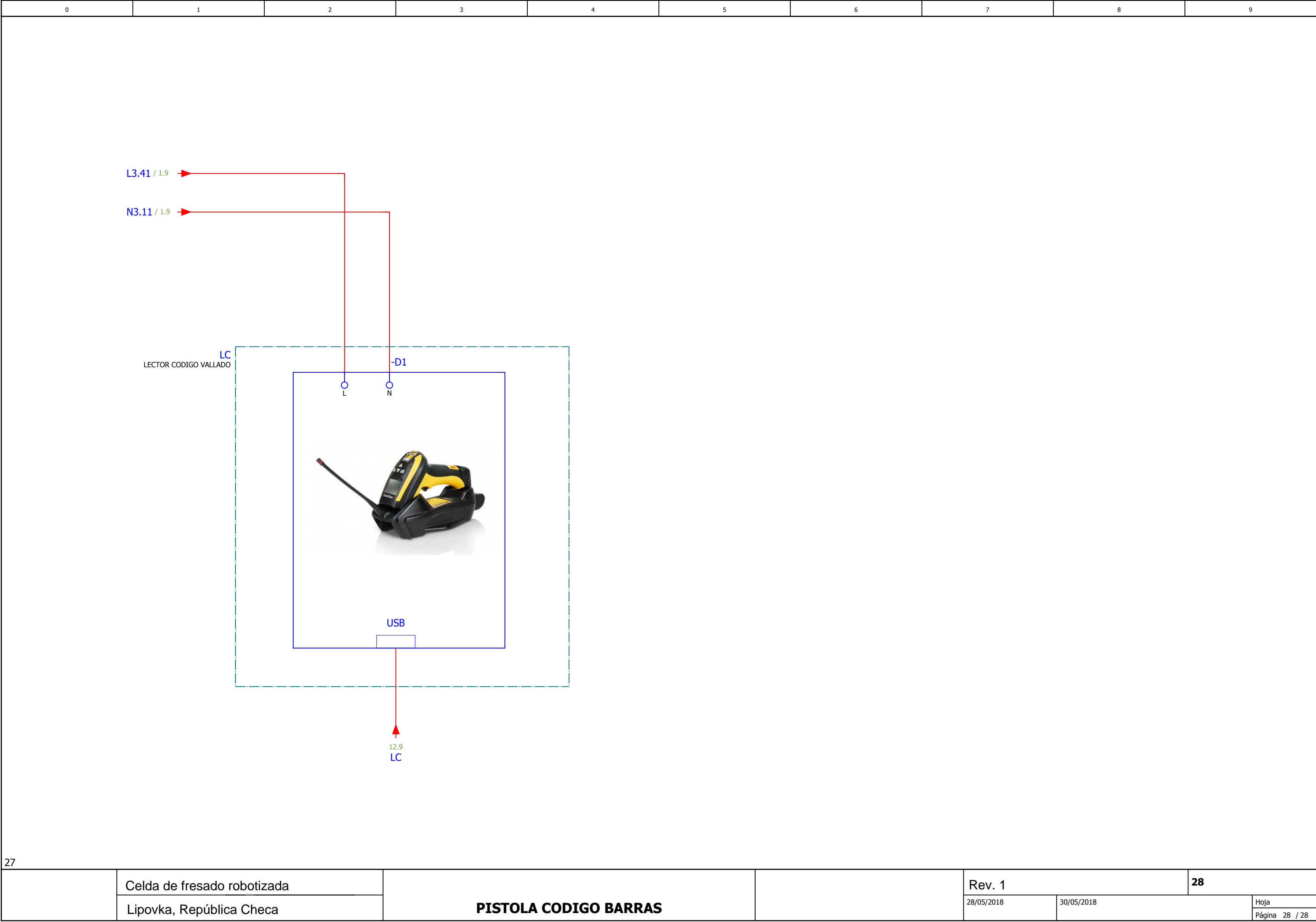
CARTA DE SEGURIDADES ROBOTS







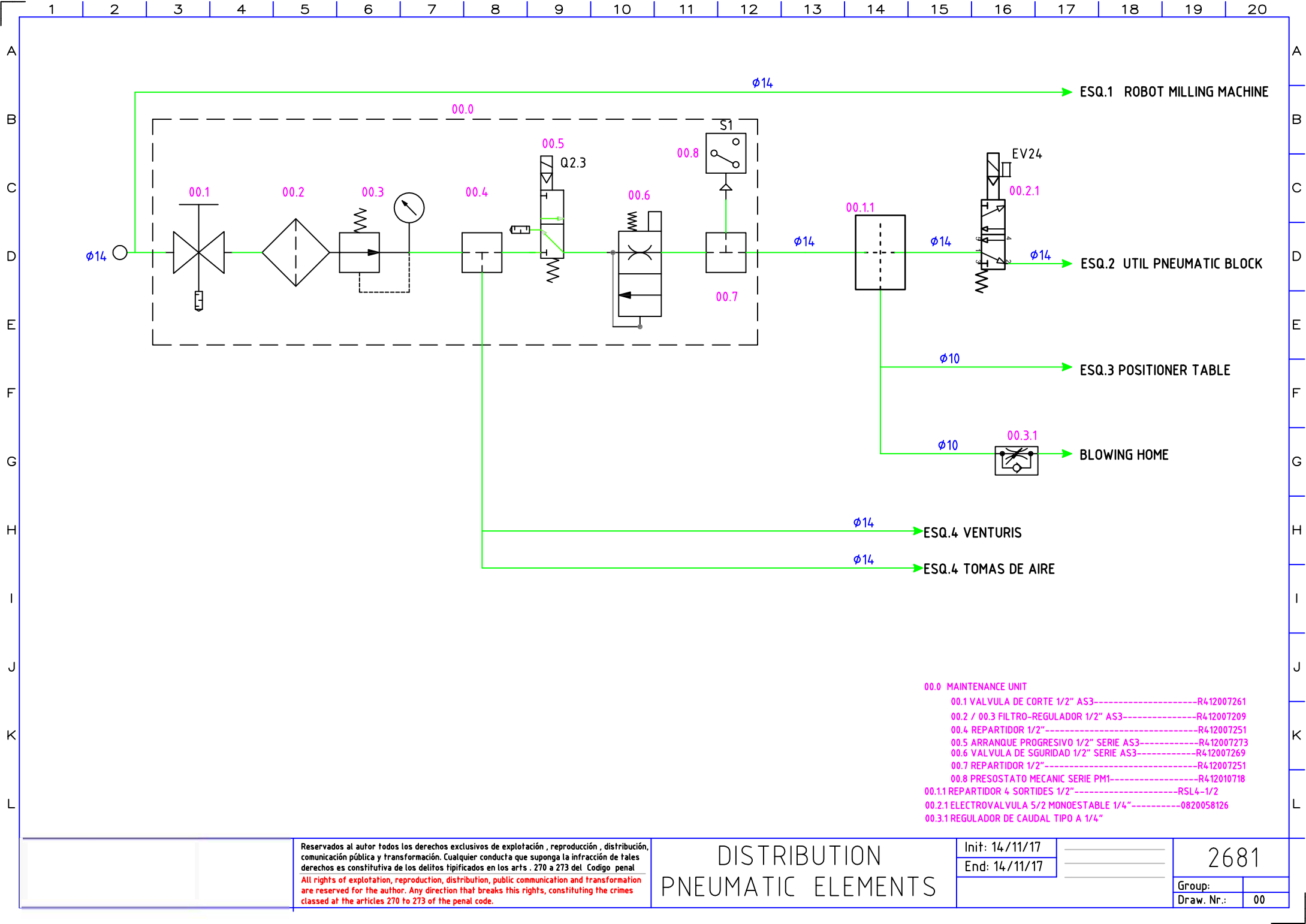




27

ANEXO 5

Esquemas neumáticos de la máquina



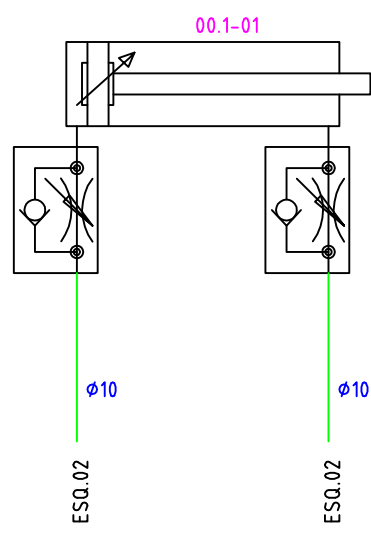
Reservados al autor todos los derechos exclusivos de explotación , reproducción , distribución, comunicación pública y transformación. Cualquier conducta que suponga la infracción de tales derechos es constitutiva de los delitos tipificados en los arts . 270 a 273 del Código penal

All rights of exploitation, reproduction, distribution, public communication and transformation are reserved for the author. Any direction that breaks this rights, constituting the crimes classed at the articles 270 to 273 of the penal code.

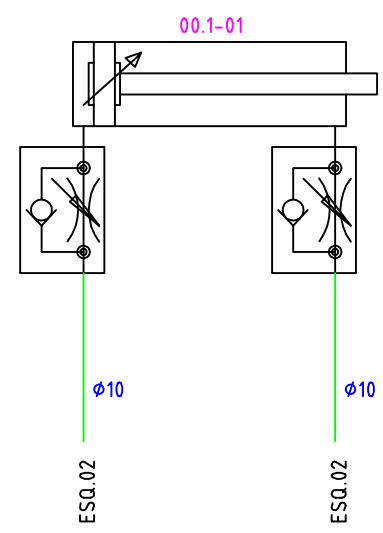
DISTRIBUTION PNEUMATIC ELEMENTS

Init: 14/11/17		2681	Group:	Draw. Nr.: 00
End: 14/11/17				

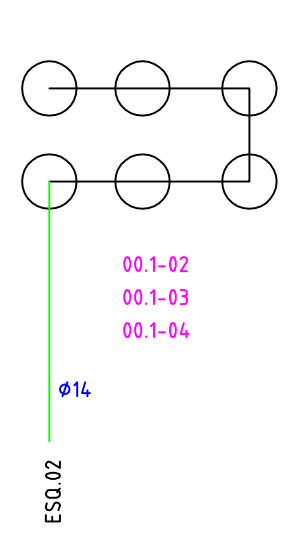
CILINDRO CUERPO MOBIL IZQUIERDO



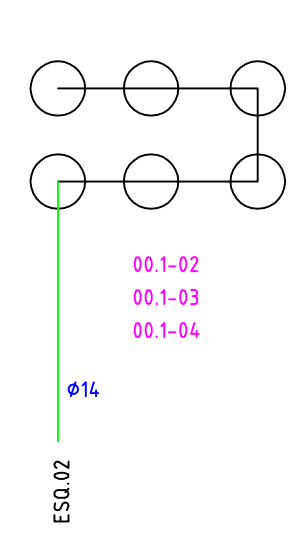
CILINDRO CUERPO MOBIL DERECHO

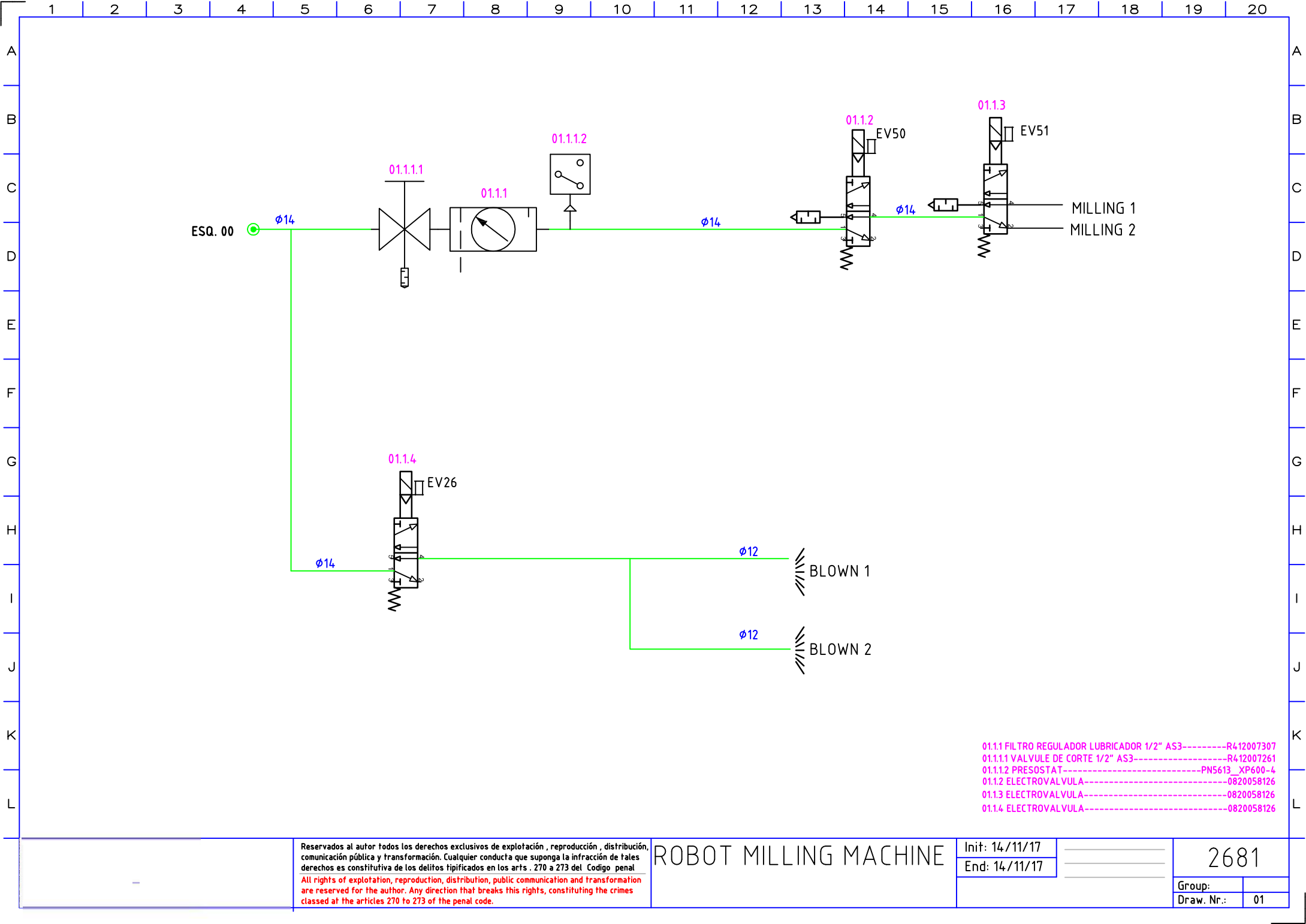


VENTOSAS ZONA 1



VENTOSAS ZONA 2





- 01.1.1 FILTRO REGULADOR LUBRICADOR 1/2" AS3-----R412007307
- 01.1.1 VALVULE DE CORTE 1/2" AS3-----R412007261
- 01.1.2 PRESOSTAT-----PN5613_XP600-4
- 01.1.2 ELECTROVALVULA-----0820058126
- 01.1.3 ELECTROVALVULA-----0820058126
- 01.1.4 ELECTROVALVULA-----0820058126

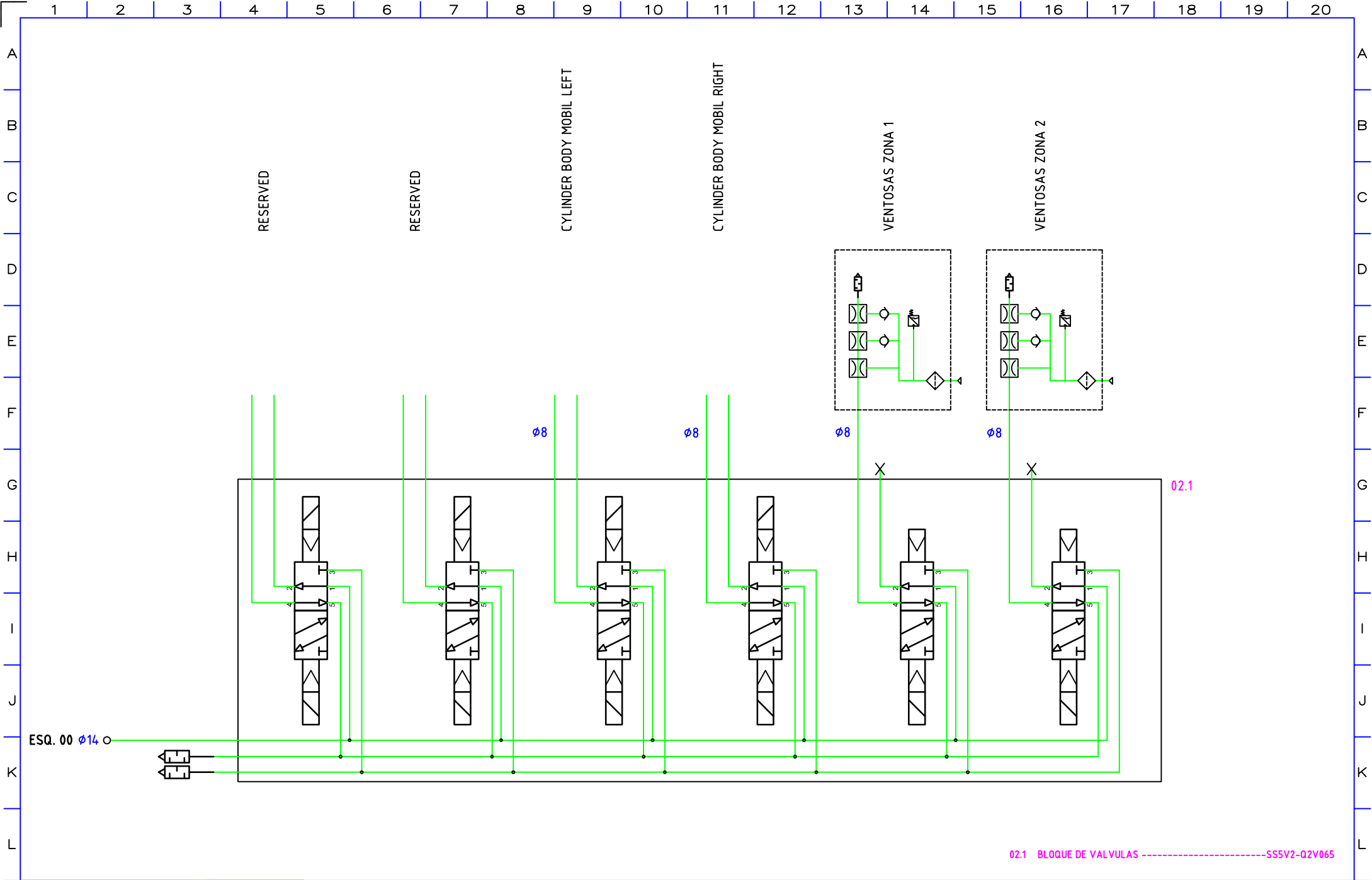
Reservados al autor todos los derechos exclusivos de explotación , reproducción , distribución , comunicación pública y transformación. Cualquier conducta que suponga la infracción de tales derechos es constitutiva de los delitos tipificados en los arts . 270 a 273 del Código penal

All rights of exploitation, reproduction, distribution, public communication and transformation are reserved for the author. Any direction that breaks this rights, constituting the crimes classed at the articles 270 to 273 of the penal code.

ROBOT MILLING MACHINE

Init: 14/11/17	
End: 14/11/17	

2681	
Group:	
Draw. Nr.:	01

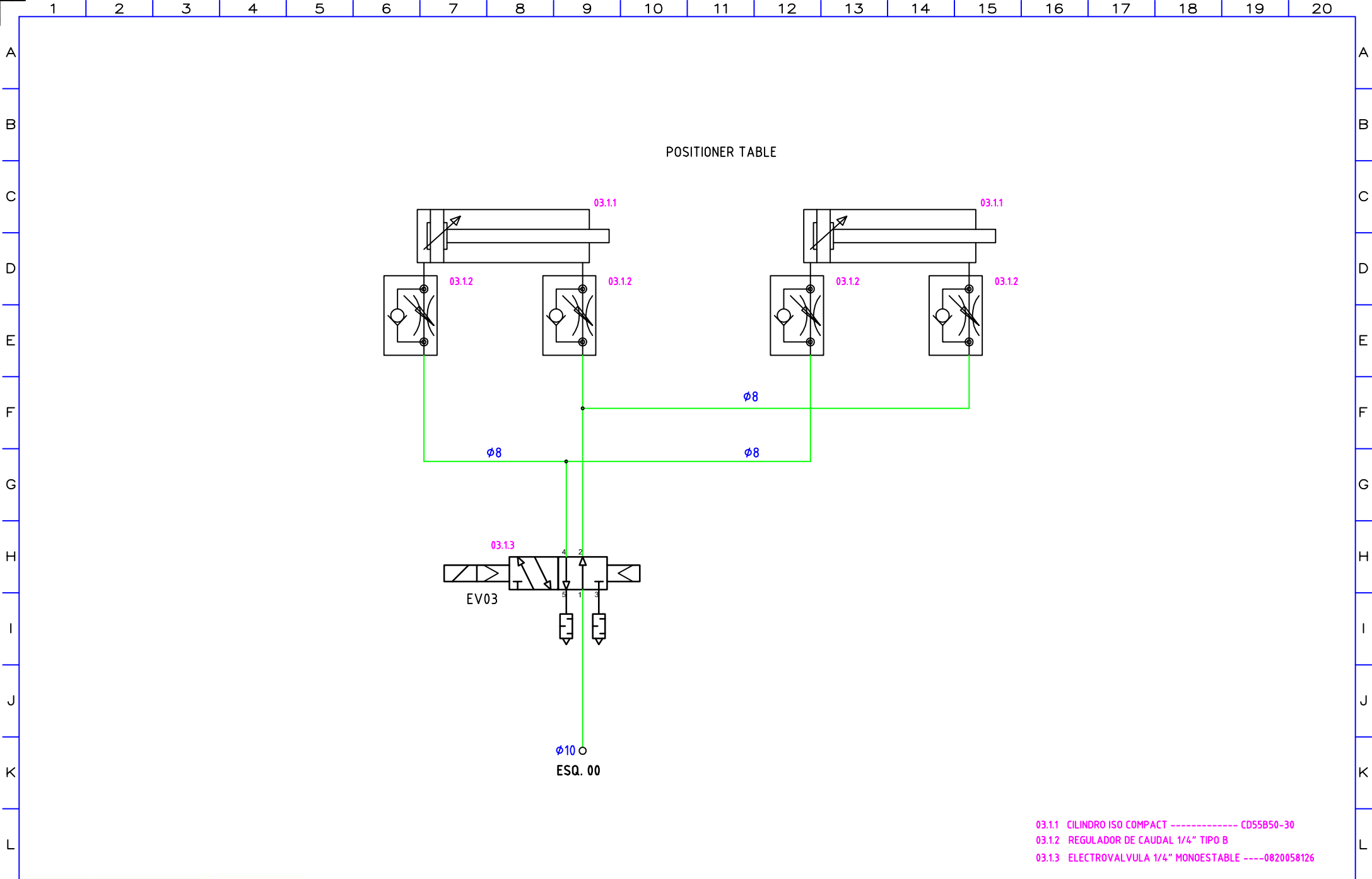


Reservados al autor todos los derechos exclusivos de explotación , reproducción , distribución , comunicación pública y transformación. Cualquier conducta que suponga la infracción de tales derechos es constitutiva de los delitos tipificados en los arts . 270 a 273 del Código penal

All rights of exploitation, reproduction, distribution, public communication and transformation are reserved for the author. Any direction that breaks this rights, constituting the crimes classed at the articles 270 to 273 of the penal code.

UTIL PNEUMATIC BLOCK

Init: 14/11/17		2681
End: 14/11/17		
Group:		
Draw. Nr.:		02



Reservados al autor todos los derechos exclusivos de explotación , reproducción , distribución, comunicación pública y transformación. Cualquier conducta que suponga la infracción de tales derechos es constitutiva de los delitos tipificados en los arts . 270 a 273 del Código penal

All rights of exploitation, reproduction, distribution, public communication and transformation are reserved for the author. Any direction that breaks this rights, constituting the crimes classed at the articles 270 to 273 of the penal code.

POSITIONER TABLE

Init: 14/11/17

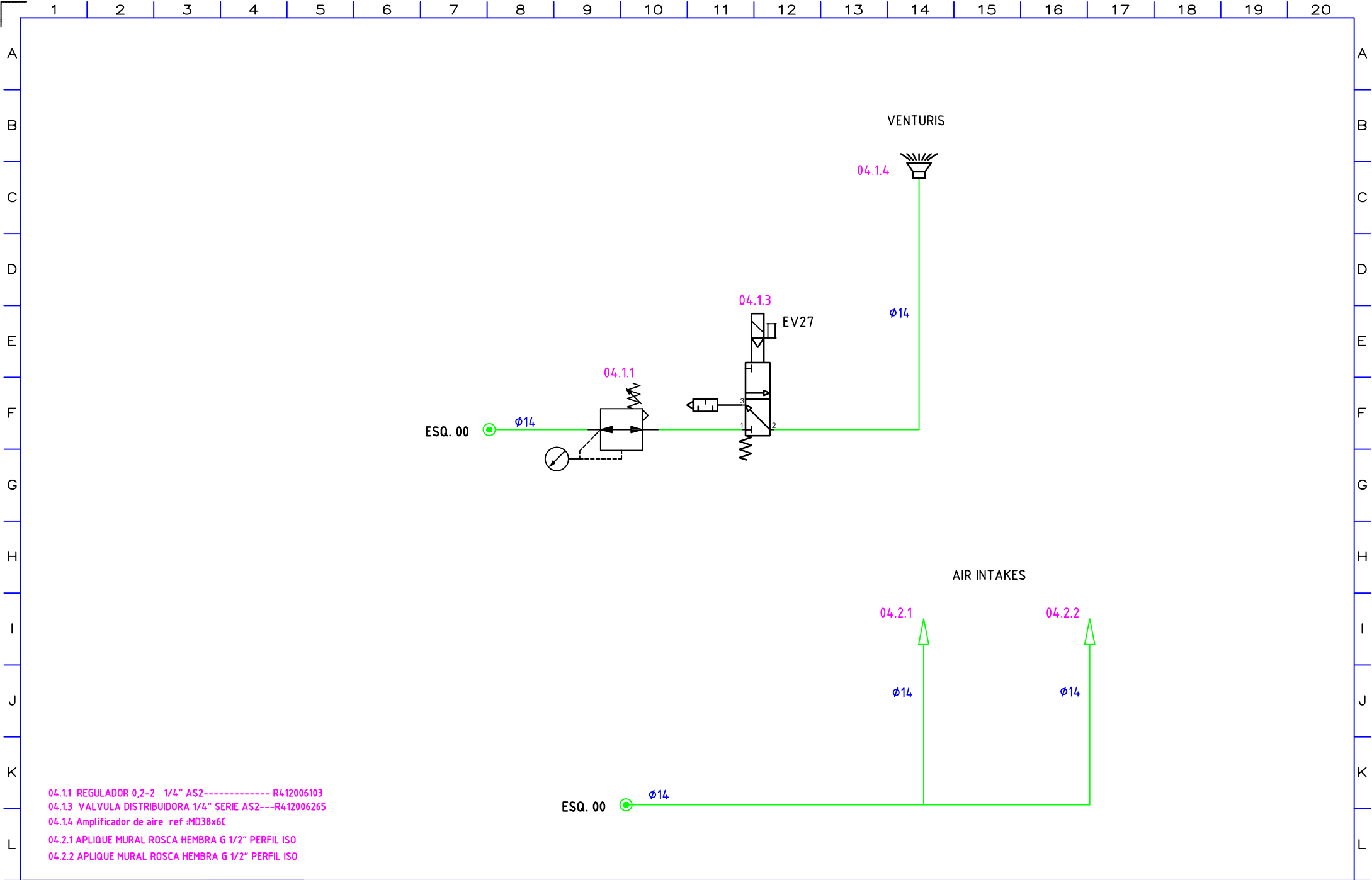
End: 14/11/17

2681

Group:

Draw. Nr.:

03



Reservados al autor todos los derechos exclusivos de explotación , reproducción , distribución, comunicación pública y transformación. Cualquier conducta que suponga la infracción de tales derechos es constitutiva de los delitos tipificados en los arts . 270 a 273 del Código penal

All rights of exploitation, reproduction, distribution, public communication and transformation are reserved for the author. Any direction that breaks this rights, constituting the crimes classed at the articles 270 to 273 of the penal code.

VENTURIS AND AIR INTAKES

Init: 14/11/17	
End: 14/11/17	

2681	
Group:	
Draw. Nr.:	04